

P21361.P04

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Applicant :H. NAKATSUKA et al.

Serial No. :Not Yet Assigned

Filed :Concurrently Herewith

For :METHOD OF DRIVING A PIEZOELECTRIC TRANSFORMER AND POWER
SOURCE APPARATUS USING THE SAME

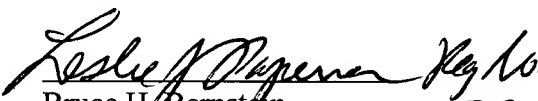
CLAIM OF PRIORITY

Commissioner of Patents and Trademarks
Washington, D.C. 20231

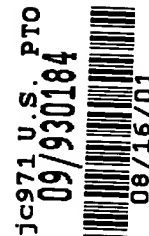
Sir:

Applicant hereby claims the right of priority granted pursuant to 35 U.S.C. 119 based upon Japanese Application No. 2000-249751, filed August 21, 2000. As required by 37 C.F.R. 1.55, a certified copy of the Japanese application is being submitted herewith.

Respectfully submitted,
H. NAKATSUKA et al.


Bruce H. Bernstein
Reg. No. 29,027
33,329

August 16, 2001
GREENBLUM & BERNSTEIN, P.L.C.
1941 Roland Clarke Place
Reston, VA 20191
(703) 716-1191



日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

Jc971 U.S. PTO
09/930184
08/16/01

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2000年 8月21日

出 願 番 号

Application Number:

特願2000-249751

出 願 人

Applicant(s):

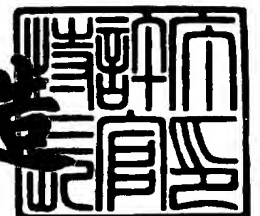
松下電器産業株式会社

#5
priority
Chiba
4202

2001年 6月19日

特 許 庁 長 官
Commissioner,
Japan Patent Office

及 川 耕 造



出証番号 出証特2001-3057559

【書類名】 特許願

【整理番号】 170546

【提出日】 平成12年 8月21日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H01L 41/107
H02M 3/24

【発明者】

 【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真1 0 0 6 番地 松下電器産業株式
 会社内

 【氏名】 中塚 宏

【発明者】

 【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真1 0 0 6 番地 松下電器産業株式
 会社内

 【氏名】 山口 健

【発明者】

 【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真1 0 0 6 番地 松下電器産業株式
 会社内

 【氏名】 武田 克

【発明者】

 【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真1 0 0 6 番地 松下電器産業株式
 会社内

 【氏名】 守時 克典

【発明者】

 【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真1 0 0 6 番地 松下電器産業株式
 会社内

 【氏名】 奥山 浩二郎

【特許出願人】

 【識別番号】 000005821

 【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真1 0 0 6 番地

【氏名又は名称】 松下電器産業株式会社

【代理人】

【識別番号】 100062144

【弁理士】

【氏名又は名称】 青山 稔

【選任した代理人】

【識別番号】 100086405

【弁理士】

【氏名又は名称】 河宮 治

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 013262

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9602660

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 圧電トランスの駆動方法及び電源装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 圧電効果を用いて 1 次電極から入力された電圧を周波数に依存して変化する昇圧比で昇圧し 2 次電極から出力する圧電トランスを駆動する方法であって、

前記圧電トランスの昇圧比の周波数に対する変化の一次微分量を検出し、その検出した一次微分量に基き前記圧電トランスの駆動周波数を制御することを特徴とする圧電トランスの駆動方法。

【請求項 2】 1 次電極、2 次電極及び第 3 の電極を備え圧電効果を用いて 1 次電極から入力された電圧を昇圧し 2 次電極及び第 3 の電極から出力する圧電トランスを駆動する方法であって、

前記 1 次電極に入力される電圧と前記第 3 の電極からの出力電圧との電圧比の 1 次微分量を検出し、その検出した 1 次微分量に基き前記圧電トランスの駆動周波数の制御することを特徴とする圧電トランスの駆動方法。

【請求項 3】 前記第 3 の電極から出力される電圧を検出し、その検出した電圧に基いて、前記圧電トランスの出力電圧が所定値以上に上昇しないように制御することにより、圧電トランスの過電圧保護を行うことを特徴とする請求項 2 記載の圧電トランスの駆動方法。

【請求項 4】 1 次電極、2 次電極及び第 3 の電極を備え圧電効果を用いて 1 次電極から入力された電圧を昇圧し 2 次電極及び第 3 の電極から出力する圧電トランスを駆動する方法であって、

前記 1 次電極に入力される電圧と前記第 3 の電極からの出力電圧との位相差を検出し、その位相差により、前記圧電トランスの駆動周波数を制御することを特徴とする圧電トランスの駆動方法。

【請求項 5】 前記圧電トランスの所定の特性に対し、その特性の周波数に対する変化率に応じて圧電トランスの駆動周波数の挿引時の周波数の変化率を変化させることを特徴とする請求項 1 ないし請求項 4 のいずれか一に記載の圧電トランスの駆動方法。

【請求項 6】 前記圧電トランスの昇圧比の傾きの変化率が大きいほど、前記圧電トランスの駆動周波数の挿引時の周波数の変化率を小さくすることを特徴とする請求項 5 記載の圧電トランスの駆動方法。

【請求項 7】 前記圧電トランスの位相差の変化率が小さいほど、前記圧電トランスの駆動周波数の挿引時の周波数の変化率を大きくすることを特徴とする請求項 5 記載の圧電トランスの駆動方法。

【請求項 8】 前記圧電トランスの駆動周波数を挿引する範囲を設定したことを特徴とする請求項 1 ないし請求項 7 のいずれか一に記載の圧電トランスの駆動方法。

【請求項 9】 前記圧電トランスの駆動周波数が前記圧電トランスの共振周波数を超えないように駆動周波数の範囲を設定したことを特徴とする請求項 8 記載の圧電トランスの駆動方法。

【請求項 10】 1 次電極から入力した電圧を圧電効果を用いて昇圧し、2 次電極から出力する圧電トランスと、

該圧電トランスを所望の電圧、周波数で駆動するドライブ手段と、

前記圧電トランスの 2 次電極からの出力電圧により駆動される負荷に流れる電流を検出する電流検出手段と、

前記圧電トランスの昇圧比を検出する昇圧比検出手段と、

前記電流検出手段により検出された負荷に流れる電流と、前記昇圧比検出手段により検出された圧電トランスの昇圧比とに基づき、圧電トランスの駆動周波数及び圧電トランスの駆動電圧を制御する制御手段とを備えたことを特徴とする電源装置。

【請求項 11】 1 次電極、2 次電極及び第 3 の電極を備えており、1 次電極から入力された電圧を圧電効果を用いて昇圧し、2 次電極及び第 3 の電極から出力する圧電トランスと、

該圧電トランスを所望の電圧、周波数で駆動するドライブ手段と、

前記圧電トランスの 2 次電極からの出力電圧により駆動される負荷に流れる電流を検出する電流検出手段と、

前記圧電トランスの駆動電圧と、前記第 3 の電極からの出力電圧との電圧比を

検出する昇圧比検出手段と、

前記負荷に流れる電流が所定値となるように、前記昇圧比検出手段により検出された昇圧比と、前記電流検出手段により検出された電流値とに基づき、前記圧電トランスの駆動周波数及び前記圧電トランスの駆動電圧を制御する制御手段とを備えたことを特徴とする電源装置。

【請求項 1 2】 1 次電極、2 次電極及び第 3 の電極を備えており、圧電効果を用いて 1 次端子から入力された電圧を昇圧して 2 次電極及び第 3 の電極から出力する圧電トランスと、

該圧電トランスを所望の電圧、周波数で駆動するドライブ手段と、

前記圧電トランスの 2 次電極から出力された電圧により駆動される負荷に流れる電流を検出する電流検出手段と、

前記圧電トランスの 1 次電極に入力される電圧と第 3 の電極からの出力電圧間の位相差を検出する位相差検出手段と、

前記負荷に流れる電流が設定値となるように、前記位相差検出手段により検出された位相差と、前記電流検出手段により検出された電流値とに基づき、前記圧電トランスの駆動周波数及び駆動電圧を制御する制御手段とを備えたことを特徴とする電源装置。

【請求項 1 3】 前記制御手段は、前記電流検出手段からの出力に基づいて圧電トランスの駆動周波数を所定の制御範囲内になるように制御し、前記圧電トランスの駆動周波数が制御範囲内の最大の周波数または最小の周波数に達した場合は、前記圧電トランスの駆動電圧を制御することを特徴とする請求項 1 0 ないし請求項 1 2 のいずれか一に記載の電源装置。

【請求項 1 4】 前記制御手段は、圧電トランスの駆動周波数と、圧電トランスの共振周波数との差の大きさに応じて駆動周波数を挿引する際の周波数の変化の割合を変化させることを特徴とする請求項 1 0 ないし請求項 1 3 のいずれか一に記載の電源装置。

【請求項 1 5】 前記制御手段は、電流検出手段からのアナログの検出信号をデジタル信号に変換する A/D 変換手段と、そのデジタル信号に変換された値をメモリに記憶されたプログラムにより演算を行う演算処理手段とからなり、所定

の演算処理に基づいて圧電トランスの駆動周波数、駆動電圧を制御するための制御信号を出力することを特徴とする請求項 1 4 に記載の電源装置。

【請求項 1 6】 前記制御手段は 1 つの集積回路により構成されることを特徴とする請求項 1 5 に記載の電源装置。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】

本発明は、各種高電圧発生装置に用いられる圧電トランスの駆動方法及び圧電トランスを用いた電源装置に関する。

【0 0 0 2】

【従来技術】

図 1 6 に従来技術の圧電トランスの代表的な構造であるローゼン型圧電トランスの構造を示す。この圧電トランスは電磁トランスに比べて小型化が図れ、不燃性であり、電磁誘導によるノイズを出さないなどの長所を有している。

【0 0 0 3】

図 1 6 に示すように、圧電トランスは低インピーダンス部 3 0 1 と高インピーダンス部 3 0 2 とを備える。低インピーダンス部 3 0 1 は昇圧用として用いる場合の入力部となり、厚み方向に分極が施され、厚み方向の主面に電極 3 0 3 u、3 0 3 d が配置されている。高インピーダンス部 3 0 2 は、昇圧用として用いる場合の出力部となり、長手方向に分極され、長手方向の端面に電極 3 0 4 が配置されている。

【0 0 0 4】

図 1 7 に上記の圧電トランスの周波数特性図を示す。圧電トランスは、負荷が大きいときは非常に高い昇圧比を得ることができ（曲線 P 1）、また負荷が小さくなると昇圧比も減少する（曲線 P 2）という特性から、近年、冷陰極管用の電源として用いられている。

【0 0 0 5】

圧電トランスの駆動方式としては、発振回路が別途設けられている他励発振回路方式が使用されることが多い。図 1 8 は、上記のローゼン型圧電トランスを用

いた従来の他励発振方式駆動回路のブロック図である。

【0006】

同図において、可変発振回路221は圧電トランス110の共振周波数近傍の駆動交流信号を発生する。可変発振回路221からの出力信号には駆動周波数成分以外の交流信号も含まれており、これらの信号成分は圧電トランス110内で熱つまり損失となる。このため、圧電トランス110内での損失低減のために波形整形回路224によりほぼ正弦波に波形整形される。波形整形回路224は簡単な場合には高調波成分を低減するためにバンドパスフィルタが用いられる。波形整形回路224の出力はドライブ回路225で圧電トランス110を駆動するのに十分なレベルに電流増幅あるいは電圧増幅される。ここで、ドライブ回路225はトランジスタからなる通常の増幅回路のみで構成されるか、あるいは増幅回路と昇圧トランスの組合せで構成される。ドライブ回路225の出力は圧電トランス110で昇圧され、例えば負荷である冷陰極管蛍光灯108に印加され、冷陰極管蛍光灯108を点灯させる。

【0007】

ここで、圧電トランス110は温度や負荷等の環境変化により共振周波数が変化するので、図18に示した回路のように一定周波数で圧電トランス110を駆動したのでは、圧電トランス110の共振周波数と駆動周波数の相対的な関係が変化してしまう。つまり、駆動周波数が圧電トランス110の共振周波数から大きく離れた時には、圧電トランス110による電圧昇圧比が著しく低下してしまい出力電圧は著しく低下する。そして、負荷である冷陰極管蛍光灯108に十分な電流を流すことができなくなり、冷陰極管蛍光灯108を十分な輝度に保つことができなくなる。

【0008】

図19は、この圧電トランス110の共振周波数等の特性の変化に対応した、図16に示す圧電トランスの駆動回路の別の従来例のブロック図である。本駆動回路の負荷である冷陰極管蛍光灯108には直列に小さな値の帰還抵抗109が接続され、帰還抵抗109で冷陰極管蛍光灯108に流れる電流検出がなされている。冷陰極管蛍光灯108に流れる電流に比例した帰還抵抗109の両端電圧は電流

検出回路 2 3 2 に入力される。電流検出回路 2 3 2 の出力は、発振制御回路 2 1 4 に印加され、帰還抵抗 1 0 9 の両端電圧が一定となるように、つまり冷陰極蛍光灯 1 0 8 に流れる電流が一定になるように、可変発振回路 2 2 1 の出力信号の周波数を制御する。この制御により冷陰極蛍光灯 1 0 8 はほぼ一定の輝度で点灯する。

【 0 0 0 9 】

図 2 0 に示した回路は圧電トランスの共振周波数等の特性の変化に対応したもので、図 1 6 に示す圧電トランスの駆動回路のさらに別の従来例のブロック図である。本駆動回路において、帰還抵抗 1 0 9 で冷陰極蛍光灯 1 0 8 に流れる電流検出がなされている。負荷や環境等が変化して圧電トランス 1 1 0 の共振周波数等の特性が変化したときには、冷陰極蛍光灯 1 0 8 に流れる電流が変化する。そして冷陰極蛍光灯 1 0 8 に流れる電流に比例した帰還抵抗 1 0 9 の両端電圧は電流検出回路 2 3 2 に入力される。電流検出回路 2 3 2 からの出力は、パルス幅制御回路 2 2 3 に入力され、パルス幅制御回路 2 2 3 は帰還抵抗 1 0 9 の両端電圧が一定になるように、つまり冷陰極蛍光灯 1 0 8 に流れる電流が一定になるように、パルス幅可変回路 2 2 2 に制御信号を出力する。パルス幅可変回路 2 2 2 はその制御信号に基き、出力信号のパルス幅を可変することにより、冷陰極蛍光灯 1 0 8 への印加電圧の振幅値を制御する。この制御により冷陰極蛍光灯 1 0 8 はほぼ一定の輝度で点灯する。

【 0 0 1 0 】

【発明が解決しようとする課題】

以上、説明したように従来の圧電トランスを用いた駆動回路では、圧電トランスに接続された負荷に流れる出力電流をほぼ一定にするために圧電トランスの駆動周波数を制御していた。つまり、出力電流を増加させるときには駆動周波数を共振周波数から離していた。しかし、この方式では回路の電源電圧が低くなると駆動周波数を共振周波数に一致させても十分な電流が圧電トランスに流せなくなり、出力電流も所定の値にすることができない。反対に、電源電圧が高くなると駆動周波数が圧電トランスの共振周波数よりもかなり離れてしまい駆動効率が著しく低下する。また圧電トランスの負荷が大幅に変動しても、同様に圧電トラン

スの出力電流も所定の値にすることができなかつたり、駆動周波数が圧電トランスの共振周波数より遠く離れてしまい、その結果、駆動効率が著しく低下するという課題がある。

【0011】

また、電源電圧が変化したり、圧電トランスの負荷が変化した時に、駆動周波数を変化させずに、ドライブ回路の出力電圧を変化させる方法があり、良く用いられている方法としてはパルス幅を変調する方法がある。この場合には、パルス幅が狭くなると、すなわち、デューティが小さくなると、基本駆動周波数以外の高調波成分が大きくなり、この高調波成分は圧電トランスで熱損失となるので、駆動効率が低下すると共に、信頼性も著しく低下するという課題がある。

【0012】

これらの課題を解決するために、特開平9-13557号3公報に開示された方法では、入出力の電流あるいは電圧の位相差を検出することにより、圧電トランスの共振周波数と駆動周波数の関係を検出し、所定の範囲の周波数では、周波数制御を行い、所定範囲の最大、最小周波数になると入力電力を可変して冷陰極蛍光灯を流れる電流が一定となるように制御を行っている。しかしながら、圧電トランスの入出力の電圧、電流の位相は、負荷の変化により変わっていくために、圧電トランスの共振周波数と駆動周波数の関係を検出するためには、インバータ、圧電トランス毎に調整をする必要があるという問題がある。

【0013】

本発明は、上記のような課題を解決すべくなされたものであり、圧電トランスの駆動装置において、電源電圧や圧電トランスの負荷が大きく変動したときでも、その変動に充分に対応し、高い駆動効率、高い信頼性及び高い耐久性を備える電源装置及び圧電トランスの駆動方法を提供することを目的とする。

【0014】

【課題を解決するための手段】

本発明に係る第1の駆動方法は、圧電効果を用いて1次電極から入力された電圧を周波数に依存して変化する昇圧比で昇圧し2次電極から出力する圧電トランスを駆動する方法であって、圧電トランスの昇圧比の周波数に対する変化の一次

【 0 0 2 0 】

本発明に係る第 1 の電源装置は、1 次電極から入力した電圧を圧電効果を用いて昇圧し、2 次電極から出力する圧電トランスと、圧電トランスを所望の電圧、周波数で駆動するドライブ手段と、圧電トランスの 2 次電極からの出力電圧により駆動される負荷に流れる電流を検出する電流検出手段と、圧電トランスの昇圧比を検出する昇圧比検出手段と、電流検出手段により検出された負荷に流れる電流と、昇圧比検出手段により検出された圧電トランスの昇圧比とに基づき、圧電トランスの駆動周波数及び圧電トランスの駆動電圧を制御する制御手段とを備える。

【 0 0 2 1 】

本発明に係る第 2 の電源装置は、1 次電極、2 次電極及び第 3 の電極を備えており、1 次電極から入力された電圧を圧電効果を用いて昇圧し、2 次電極及び第 3 の電極から出力する圧電トランスと、圧電トランスを所望の電圧、周波数で駆動するドライブ手段と、圧電トランスの 2 次電極からの出力電圧により駆動される負荷に流れる電流を検出する電流検出手段と、圧電トランスの駆動電圧と、第 3 の電極からの出力電圧との電圧比を検出する昇圧比検出手段と、負荷に流れる電流が所定値となるように、昇圧比検出手段により検出された昇圧比と、電流検出手段により検出された電流値とに基づき、圧電トランスの駆動周波数及び前記圧電トランスの駆動電圧を制御する制御手段とを備える。

【 0 0 2 2 】

本発明に係る第 3 の電源装置は、1 次電極、2 次電極及び第 3 の電極を備えており、圧電効果を用いて 1 次端子から入力された電圧を昇圧して 2 次電極及び第 3 の電極から出力する圧電トランスと、圧電トランスを所望の電圧、周波数で駆動するドライブ手段と、圧電トランスの 2 次電極から出力された電圧により駆動される負荷に流れる電流を検出する電流検出手段と、圧電トランスの 1 次電極に入力される電圧と第 3 の電極からの出力電圧間の位相差を検出する位相差検出手段と、負荷に流れる電流が設定値となるように、位相差検出手段により検出された位相差と、電流検出手段により検出された電流値とに基づき、圧電トランスの駆動周波数及び駆動電圧を制御する制御手段とを備える。

【 0 0 2 3 】

【発明の実施の形態】

以下、添付の図面を参照して本発明に係る圧電トランスの駆動方法及び電源装置としての圧電トランスの駆動回路の実施形態について説明する。

【 0 0 2 4 】

(実施の形態1)

図1は本発明に係る圧電トランスの駆動回路の第1の実施形態のブロック図である。

【 0 0 2 5 】

図1に示す圧電トランスの駆動回路(圧電インバータ)に使用される圧電トランス110は、図16に示すローゼン型圧電トランスである。この圧電トランスの共振周波数近傍の集中定数近似等価回路は図2に示すようになる。その等価回路は、入力側、出力側の束縛容量 $Cd1$ 、 $Cd2$ 、入力側の力係数 $A1$ 、出力側の力係数 $A2$ 、等価質量 m 、等価コンプライアンス C 、等価機械抵抗 Rm で表される。本実施形態では、圧電トランス110の力係数 $A1$ は力係数 $A2$ よりも大きく、図2中の2つの等価理想変成器で昇圧される。さらに圧電トランスは等価質量 m と等価コンプライアンス C からなる直列共振回路を含むため、特に負荷抵抗の値が大きい場合に出力電圧は変成器の変成比以上に大きな値となる。

【 0 0 2 6 】

図1に戻り、圧電トランスの駆動回路の構成、動作について説明する。

圧電トランスの駆動回路において、可変発振回路103は圧電トランス110を駆動する交流駆動信号を発生する。可変発振回路103の出力はドライブ回路101により圧電トランス110を駆動するのに十分なレベルに電圧増幅され、圧電トランス110の1次側電極303u、303dに入力される。圧電トランス110の圧電効果により昇圧された出力電圧は2次側電極304から取り出される。

【 0 0 2 7 】

圧電トランス110の2次側電極304から出力された高圧電圧は冷陰極蛍光管(以下「冷陰極管」という。)108と帰還抵抗109との直列回路に印加さ

れる。また、冷陰極管 1 0 8 と並列に分圧抵抗 1 1 1 a と、1 1 1 b が接続されている。

【 0 0 2 8 】

昇圧比検出回路 1 0 5 は、分圧抵抗 1 1 1 b の両端に発生する電圧とドライブ回路 1 0 1 に入力される電圧とを比較し、圧電トランス 1 1 0 の 2 次側電極 3 0 4 から出力される高圧電圧とドライブ回路 1 0 1 に入力される電圧との比を検出する。また、昇圧比検出回路 1 0 5 は昇圧比の変化の割合（すなわち傾き）も検出する。

【 0 0 2 9 】

また、帰還抵抗 1 0 9 の両端に発生する電圧は電流検出回路 1 0 7 に印加され、電流検出回路 1 0 7 は基準電圧 V_{ref} を参照し、帰還抵抗 1 0 9 の両端に発生する電圧を示す検出信号を発振制御回路 1 0 6 とパルス幅制御回路 1 0 4 に出力する。

【 0 0 3 0 】

発振制御回路 1 0 6 及びパルス幅制御回路 1 0 4 は、昇圧比検出回路 1 0 5 と電流検出回路 1 0 7 からの出力に基き、冷陰極管 1 0 8 に流れる電流が一定になるように所定の制御動作を行なう。

【 0 0 3 1 】

以上のように構成された圧電トランスの駆動回路について、電流検出回路 1 0 7 と昇圧比検出回路 1 0 5 による駆動周波数、入力電圧制御について図 3 を用いて説明する。図 3 は圧電トランスの動作特性を示しており、図 3 (a) は横軸に周波数、縦軸に本実施例の圧電トランスの冷陰極管点灯状態での昇圧比を示す。また、図 3 (b) は、横軸に周波数、縦軸に昇圧比の変化の割合（傾き）を示す。すなわち、図 3 (a) に示す曲線を一次微分したものが図 3 (b) に示す曲線である。

【 0 0 3 2 】

図 1 に示された圧電トランスの駆動回路において、冷陰極管 1 0 8 に流れる電流（管電流）が所定の設定値よりも小さい場合は、管電流を増やす必要がある。この場合、i) 圧電トランス 1 1 0 の駆動周波数を共振周波数 f_0 に近づけて昇圧比の高い領域で駆動を行うか、ii) 圧電トランス 1 1 0 の入力電圧を高くして

出力電圧を高くすることで、管電流を増やすことができる。

【0033】

電流検出回路107において、冷陰極管108を流れる電流（帰還抵抗109の両端電圧により検出可）が、設定値（設定電圧 V_{ref} に対応）よりも小さく、昇圧比検出回路105により検出された昇圧比の傾きが負の場合、共振周波数（ f_0 ）と駆動周波数の関係は、図3（b）を参照し、以下のようになる。

（共振周波数）＜（駆動周波数）

このため、管電流を設定値に近づけるため、駆動周波数を低い方向にシフトして共振周波数に近づける。その後、昇圧比の傾きが0（圧電トランスの昇圧比の最大点）となり、管電流が設定値よりも小さくなると、発振制御回路106による駆動周波数の挿引をやめ、パルス幅制御回路104により圧電トランス110の入力電圧を高くするようにDC-DCコンバータ102を制御する。

【0034】

また、昇圧比の傾きが正の場合、共振周波数と駆動周波数の関係は、図3（b）を参照し、以下のようになる。

（共振周波数）＞（駆動周波数）

したがって、駆動周波数を高くし、共振周波数に近づける。そして、昇圧比の傾きが0（圧電トランスの昇圧比の最大点）となり、管電流が設定値よりも小さくなると、発振制御回路106による駆動周波数の挿引をやめ、パルス幅制御回路104により圧電トランス110の入力電圧を高くするようにDC-DCコンバータ102を制御する。

【0035】

一方、冷陰極管108に流れる電流が設定値よりも大きい場合には、管電流を減らす必要がある。この場合、i) 圧電トランス110の駆動周波数を共振周波数から遠ざけて昇圧比の小さい領域で駆動を行うか、ii) 圧電トランス110の入力電圧を低くして出力電圧を小さくすることで、管電流を減らすことができる。

【0036】

電流検出回路107において、冷陰極管108を流れる電流が設定値よりも大

きく、昇圧比検出回路 1 0 5 により検出された昇圧比の傾きが負の場合、共振周波数と駆動周波数の関係は、図 3 (b) を参照し、次のようになる。

(共振周波数) < (駆動周波数)

したがって、パルス幅制御回路 1 0 4 は、圧電トランス 1 1 0 の入力電圧が小さくなるように、DC-DCコンバータ 1 0 2 に対し制御信号を出力する。これは、圧電トランス 1 1 0 を変換効率の良い共振周波数付近で駆動するためである。圧電トランス 1 1 0 の入力電圧が、所定の制御範囲において最小の電圧値となった場合は、管電流が設定値になるまで駆動周波数を高周波数側にシフトする。

【 0 0 3 7 】

また、昇圧比の傾きが正の場合、共振周波数と駆動周波数の関係は、図 3 を参照し、以下のようなになる。

(共振周波数) > (駆動周波数)

このため、圧電トランス 1 1 0 の駆動周波数を高くして共振周波数に近づける。このような場合、一時的に昇圧比は増加し管電流が増加するが、ここでは、非線形現象の表れやすい共振よりも低い周波数領域で駆動を行わないよう制御を行っている。昇圧比の傾きが 0 (昇圧比の最大点) となり、管電流が設定値よりも大きい場合、発振制御回路による駆動周波数の挿引をやめ、パルス幅制御回路 1 0 4 により圧電トランス 1 1 0 の入力電圧を小さくするようパルス幅制御を行う。

【 0 0 3 8 】

なお、本実施形態では、可能な限り、駆動周波数が共振周波数よりも低い周波数領域とならないよう制御を行っているが、扱う電力範囲において圧電トランス 1 1 0 が線形な領域で駆動が行うことができれば、駆動周波数を共振周波数から遠ざけるような制御を行ってもよい。

【 0 0 3 9 】

また、本実施形態では、駆動周波数の制御範囲を設けていないが、圧電トランス 1 1 0 を共振周波数付近で駆動する場合に効率よく駆動することができることから、共振周波数から駆動周波数が離れすぎないように駆動周波数の制御範囲を共振周波数から所定距離内の範囲に設定するのが好ましい。この場合、圧電トランス 1 1 0 を効率のよい周波数範囲で駆動できるため、圧電トランス 1 1 0 の信

頼性を確保できるだけでなく、インバータ回路として高い効率のものが実現できる。

【 0 0 4 0 】

また、本実施の形態では、昇圧比の傾きにしたいが圧電トランス 1 1 0 の制御を行うため、共振周波数を含むその前後の周波数範囲で制御を行ったが、圧電セラミックスを用いた圧電トランスの場合では、非線形性の問題から共振周波数よりも低い周波数では、不安定な動作となりやすいため、昇圧比の傾きが負である領域（すなわち、共振周波数よりも高い周波数領域）での制御が望ましい。その場合、駆動周波数が所定の設定値よりも共振に近づかないように設定を行い、設定周波数における最小の周波数となった場合に入力電圧を変化させるようにする。このように駆動周波数の制御範囲を予め設定しておき、その範囲内において周波数制御を行い、その範囲内の最大周波数または最小周波数となった場合に、パルス幅制御による入力電圧制御を行なうことで、圧電トランスを安定に動作させることができる。

【 0 0 4 1 】

また、本実施の形態では、圧電トランス 1 1 0 の駆動周波数の挿引については、傾きの変化の割合に関係なく一定の速度で行った。しかし、駆動周波数の挿引速度を、周波数に応じて変化する圧電トランスの昇圧比に応じて変化させるのが好ましい。すなわち、駆動周波数の挿引において、機械振動の変化を小さくするために、圧電トランス 1 1 0 を共振周波数付近で駆動する場合は、駆動周波数の変化の割合を、共振周波数から離れた周波数で駆動する場合に比して小さくするのが望ましい。つまり、駆動周波数が共振周波数付近にあり、圧電トランスの昇圧比の変化率が高くなるほど、駆動周波数の挿引速度を低下させるのが好ましい。このように周波数制御を行うことで、圧電トランス 1 1 0 を共振周波数付近で駆動しても、信頼性の高い駆動を行うことができる。

【 0 0 4 2 】

なお、本実施形態では、圧電トランス 1 1 0 の昇圧比を検出するために、圧電トランス 1 1 0 の 2 次側に分圧抵抗 1 1 1 a、1 1 1 b を接続し、その出力と DC-DC コンバータ 1 0 2 からの入力により昇圧比を検出したが、他の方法で昇

圧比を検出しても同様の制御を行うことができる（以下の実施形態においても同じ）。

【 0 0 4 3 】

また、圧電トランス 1 1 0 の入力電圧の制御を、パルス幅制御回路 1 0 4 と DC-DC コンバータ 1 0 2 を用いて行ったが、他の方法で入力電圧を制御しても同様の制御を行うことができる（以下の実施形態においても同じ）。

【 0 0 4 4 】

（実施の形態 2）

図 4 は、本発明の圧電トランスの駆動回路の第 2 の実施形態の構成を示した図である。第 1 の実施形態と異なる点は、制御をデジタル的に行っている点である。本実施形態では、図 1 に示す回路における電流検出回路 1 0 7、発振制御回路 1 0 6、昇圧比検出回路 1 0 5 及びパルス幅制御回路 1 0 4 を、整流回路 1 4 4、A/D 変換回路 1 4 6、制御回路 1 4 0、D/A 変換回路 1 4 7 及び駆動周波数制御回路 1 4 8 で構成している。駆動周波数制御回路 1 4 8 は、図 1 での発振制御回路 1 0 6 に対応する。駆動電圧制御回路 1 4 9 は図 1 でのパルス幅制御回路 1 0 4 及び DC-DC コンバータ 1 0 2 に対応する。制御回路 1 4 0 は、データやプログラム等のソフトウェアを記憶するメモリ 1 4 1 と、メモリ 1 4 1 内のプログラムを実行して所定の処理を実行する演算処理回路 1 4 2 とからなる。制御回路 1 4 0 は半導体集積回路により実現される。図 4 のブロック図に示す回路の基本的な動作については、図 1 にブロック図で示したものと同じであるので、ここでは制御回路 1 4 0 について図 5 のフローチャートを用いて説明を行う。

【 0 0 4 5 】

図 5 は本実施形態の圧電トランスの駆動回路の制御回路 1 4 0 の処理を示すフローチャートである。

【 0 0 4 6 】

駆動回路への電源投入により、制御回路 1 4 0 内のメモリ 1 4 1 に記憶されているデータ（昇圧比の傾き）をリセットし、駆動周波数、駆動電圧を設定値に初期化する（S 1）。制御回路 1 4 0 からの出力は D/A 変換回路 1 4 7 によりアナログ信号に変換され、駆動周波数制御回路 1 4 8 及び駆動電圧制御回路 1 4 9

に出力される。それらの回路 1 4 8、1 4 9 からの駆動周波数、駆動電圧により、圧電トランス 1 1 0 の 2 次側電極 3 0 4 から所望の高電圧が出力される。圧電トランス 1 1 0 の出力電圧及び管電流はそれぞれ、整流回路 1 4 3、1 4 4 により整流され、A/D変換回路 1 4 6 によりデジタル信号に変換され制御回路 1 4 0 に入力される。また、圧電トランス 1 1 0 の入力電圧として、駆動電圧制御回路 1 4 9 からの出力を整流回路 1 4 5 により整流後、A/D変換回路 1 4 6 により A/D変換を行い、制御回路 1 4 0 に入力する。次に、駆動周波数を 1 ステップだけ低周波数側にシフトする (S 2)。その結果、昇圧比が変化するため、この昇圧比の周波数に対する傾きをレジスタに代入する (S 3)。

【0 0 4 7】

次に、管電流 (I_o) を読み取り (S 4)、読み取った管電流 (I_o) と設定値 (I_{ref}) とを比較する (S 5)。比較した結果、管電流 (I_o) が設定値 (I_{ref}) よりも大きい場合は、図 5 における「制御 A」のルーチンを行なう。制御 A のルーチンでは、昇圧比の傾きを判断し (S 1 2)、その傾きが正の場合 (圧電トランス 1 1 0 の共振周波数が駆動周波数よりも高い場合) は、駆動周波数を上げ (S 1 6)、昇圧比の傾きをレジスタに代入する (S 1 7)。そして、入力電圧を下げる (S 1 8)。昇圧比の傾きが負の場合 (圧電トランスの共振周波数が駆動周波数よりも低い場合)、駆動周波数を上げ (S 1 3)、昇圧比の傾きをレジスタに代入する (S 1 4)。昇圧比の傾きが 0 の場合、圧電トランスの共振周波数と駆動周波数が同じであるため、入力電圧を下げる (S 1 5)。

【0 0 4 8】

一方、入力された管電流の値が設定値よりも小さい場合、図 6 における「制御 B」のルーチンを行なう。制御 B のルーチンでは、昇圧比の傾きが正の場合 (圧電トランスの共振周波数が駆動周波数よりも高い場合)、駆動周波数を上げ (S 1 0)、昇圧比の傾きをレジスタに代入する (S 1 1)。また、昇圧比の傾きが負の場合 (圧電トランスの共振周波数が駆動周波数よりも低い場合)、駆動周波数を下げ (S 7)、昇圧比の傾きをレジスタに代入する (S 8)。昇圧比の傾きが 0 の場合、圧電トランスの共振周波数と駆動周波数が同じであるため、入力電圧を下げる (S 9)。

【 0 0 4 9 】

以上のような制御を行うことにより駆動周波数が圧電トランス 1 1 0 の共振周波数を超えて変化した場合であっても制御することができる。

【 0 0 5 0 】

また、本実施の形態では、駆動周波数の制御範囲を設定していないが、圧電トランスの効率の良い範囲に駆動周波数の範囲設定を行ってもよく、効率の高い電源回路を実現できる。

【 0 0 5 1 】

また、図 6 に示すように駆動周波数制御回路 1 4 8 の機能を、制御用集積回路で実現される制御回路 1 5 1 中に組込むこともできる。この場合、回路の小型化が行える。制御用集積回路 1 5 1 で行われる基本的な動作については、上記と同様である。

【 0 0 5 2 】

なお、本実施の形態では、周波数は一定のステップで変化させていたが、圧電トランスの共振周波数付近では、周波数のステップ幅を小さくして制御を細かく行い、共振周波数から離れた所ではステップ幅を大きくすることが望ましい。このような制御を行うことにより、信頼性の高い電源回路を実現できる。

【 0 0 5 3 】

(実施の形態 3)

図 7 は、本発明に係る圧電トランスの駆動回路の第 3 の実施形態のブロック図である。本実施の形態の駆動回路において、第 1 の実施形態のものと異なる点は、1 次側電極 3 1 1 u、3 1 1 d 及び 2 次側電極 3 1 2 の他に第 3 の電極 3 1 3 が形成された圧電トランス 1 7 0 を用いる点である。このように、第 3 の電極を形成した圧電トランス 1 7 0 を用いて制御することで、高電圧用の配線パターンを基板上に形成する必要がなく、安全設計上の空間距離・浴面距離といった問題を回避することができ、駆動回路の小型化を実現することができる。

【 0 0 5 4 】

図 8 に本実施形態に用いられる圧電トランスの構成を示す。圧電トランスには、1 次側電極 3 1 1 u、3 1 1 d、2 次側電極 3 1 2 の他に、第 3 の電極（セン

サ電極) 3 1 3 が形成されている。2 次側電極 3 1 2 は圧電トランスの端面に設けられる。2 次側電極の他方及び第 3 の電極の他方は 1 次側電極 3 1 1 d と共用される。本実施の形態に用いる圧電トランスは P Z T 等の圧電性を示す圧電材料からなり、1 次電極 3 1 1 u、3 1 1 d に印加された電圧は昇圧比倍され 2 次側電極 3 1 2 から取り出される。

【0 0 5 5】

以上のように構成された圧電トランス 1 7 0 について、以下その動作を説明する。図 9 に本圧電トランスの共振周波数近傍の集中定数近似等価回路を示す。図 9 に示すように、等価回路は、入力側、出力側の束縛容量 $Cd1$ 、 $Cd2$ 、センサ部の束縛容量 $Cd3$ 、入力側力係数 $A1$ 、出力側 $A2$ 、センサ部の力係数 $A3$ 、等価質量 m 、等価コンプライアンス C 、等価機械抵抗 Rm で表される。本実施形態の圧電トランス 1 7 0 では、力係数 $A1$ は力係数 $A2$ ($A3$) よりも大きく、図 9 中の 2 つの等価理想変成器で昇圧される。さらに圧電トランス 1 7 0 では等価質量と等価コンプライアンスからなる直列共振回路を含むため、特に負荷抵抗の値が大きい場合に出力電圧は変成器の変成比以上に大きな値となる。

【0 0 5 6】

次に、以上のような圧電トランスを用いた本実施形態の駆動回路を、図 7 を用いて説明する。

【0 0 5 7】

同図において、可変発振回路 1 0 1 は圧電トランス 1 7 0 を駆動する交流駆動信号を発生する。可変発振回路 1 0 3 の出力はドライブ回路 1 0 1 により圧電トランス 1 7 0 を駆動するのに十分なレベルに電圧増幅され、圧電トランス 1 7 0 の 1 次側電極に入力される。圧電トランス 1 7 0 の圧電効果により昇圧された出力電圧は 2 次側電極 3 1 2 から取り出される。

【0 0 5 8】

2 次側電極 3 1 2 から出力された高圧電圧は冷陰極管 1 0 8 と帰還抵抗 1 0 9 との直列回路に印加される。また、圧電トランス 1 7 0 の第 3 の電極 3 1 3 には分圧抵抗 1 1 1 a と、1 1 1 b が接続されている。昇圧比検出回路 1 0 5 は、分圧抵抗 1 1 1 b の両端に発生する電圧とドライブ回路 1 0 1 に入力される電圧とを

比較し、圧電トランスの 1 7 0 の 2 次側電極 3 1 2 から出力される高圧電圧とドライブ回路 1 0 1 に入力される電圧の比を検出するとともに、その電圧比の傾きを検出する。

【 0 0 5 9 】

帰還抵抗 1 0 9 の両端に発生する電圧は電流検出回路 1 0 7 に印加され、電流検出回路 1 0 7 は基準電圧 V_{ref} を参照し、帰還抵抗 1 0 9 の両端に発生する電圧を示す検出信号を発振制御回路 1 0 6 とパルス幅制御回路 1 0 4 に出力する。

【 0 0 6 0 】

発振制御回路 1 0 6 及びパルス幅制御回路 1 0 4 は、昇圧比検出回路 1 0 5 と電流検出回路 1 0 7 からの出力に基き、冷陰極管 1 0 8 に流れる電流が一定になるように所定の制御動作を行なう。

【 0 0 6 1 】

以上のように構成された駆動回路における電流検出回路 1 0 7 と昇圧比検出回路 1 0 5 による駆動周波数、入力電圧制御について図 1 0 を用いて説明する。

【 0 0 6 2 】

図 1 0 は圧電トランスの動作特性を示しており、図 1 0 の (a) は横軸に周波数、縦軸に圧電トランス 1 7 0 の冷陰極管 1 0 8 の点灯状態での第 2 の電極 3 1 2 での昇圧比 (PT0)、及び、第 3 の電極 3 1 3 での昇圧比 (S0) を示す。また、図 1 0 の (b) は、横軸に周波数、縦軸に第 3 の電極 3 1 3 での昇圧比の傾きを示す。図 1 0 の (a) に示す通り、2 次側電極 3 1 2 での最大昇圧比の周波数と、第 3 の電極 3 1 3 からの最大昇圧比の周波数は一致する。また、第 3 の電極 3 1 3 からの出力 (昇圧比 S0) のレベルは、圧電トランス 1 7 0 の 2 次側電極 3 1 2 からの出力 (昇圧比 PT0) のレベルに比べ、充分小さくなる。これにより、第 3 の電極 3 1 3 からの出力電圧を検出し、制御を行うことで高電圧用の配線を少なくでき、回路の小型化が可能であることが分かる。

【 0 0 6 3 】

図 7 に示す回路において、冷陰極管 1 0 8 に流れる電流が設定値よりも小さい場合、管電流を増やす必要がある。この場合、圧電トランス 1 7 0 の駆動周波数を共振周波数に近づけて昇圧比の高い領域で駆動を行うか、または、圧電トラン

ス 1 7 0 の入力電圧を高くして出力電圧を高くすることで、管電流を増やすことができる。

【 0 0 6 4 】

電流検出回路 1 0 7 において、冷陰極管 1 0 8 を流れる電流（帰還抵抗の両端電圧）が設定値（設定電圧 V_{ref} に対応）よりも小さく、昇圧比検出回路 1 0 5 により検出された昇圧比の傾きが負の場合、共振周波数と駆動周波数の関係は、図 1 0 （ b ）を参照して以下になる。

（共振周波数） < （駆動周波数）

このため、管電流が設定値になるまで駆動周波数を共振周波数に近づける。昇圧比の傾きが 0 （圧電トランスの昇圧比最大点に対応）となり、管電流が設定値よりも小さい場合、発振制御回路 1 0 6 による駆動周波数の挿引をやめ、パルス幅制御回路 1 0 4 により圧電トランス 1 7 0 の入力電圧を高くするよう電圧制御を行う。

【 0 0 6 5 】

また、昇圧比の傾きが正の場合、共振周波数と駆動周波数の関係は、図 1 0 （ b ）を参照して以下になる。

（共振周波数） > （駆動周波数）

このため、駆動周波数を高くし、共振周波数に近づける。昇圧比の傾きが 0 （圧電トランスの昇圧比最大点）となり、管電流が設定値よりも小さい場合、発振制御回路 1 0 6 による駆動周波数の挿引をやめ、パルス幅制御回路 1 0 4 により圧電トランス 1 7 0 の入力電圧を高くするよう制御を行う。

【 0 0 6 6 】

一方、冷陰極管 1 0 8 に流れる電流が設定値よりも大きい場合には、管電流を減らす必要がある。この場合、圧電トランス 1 7 0 の駆動周波数を共振周波数から遠ざけて昇圧比の小さい領域で駆動を行うか、または、圧電トランス 1 7 0 の入力電圧を低くして出力電圧を小さくすることで、管電流を減らすことができる。

【 0 0 6 7 】

電流検出回路 1 0 7 において、冷陰極管 1 0 8 を流れる電流（帰還抵抗の両端

電圧) が設定値 (設定電圧 V_{ref} に対応) よりも大きく、昇圧比検出回路 1 0 5 により検出された昇圧比の傾きが負の場合、共振周波数と駆動周波数の関係は、図 1 0 (b) を参照して以下になる。

(共振周波数) < (駆動周波数)

このため、パルス幅制御回路 1 0 4 により圧電トランス 1 7 0 の入力電圧を小さくするよう制御を行う。これは、圧電トランス 1 7 0 を変換効率の良い共振周波数付近で駆動するためである。圧電トランス 1 7 0 の入力電圧が制御範囲の最小電圧となった場合、管電流が設定値になるまで駆動周波数を高周波数側にシフトする。

【 0 0 6 8 】

また、昇圧比の傾きが正の場合、共振周波数と駆動周波数の関係は、図 1 0 (b) を参照して以下になる。

(共振周波数) > (駆動周波数)

このため、圧電トランス 1 7 0 の駆動を共振周波数よりも高い周波数で行うため、駆動周波数を高くして共振周波数に近づける。このような場合、一時的に昇圧比は増加し管電流が増加するが、ここでは、非線形現象の表れやすい共振よりも低い周波数領域で駆動を行わないよう制御を行っている。昇圧比の傾きが 0 (圧電トランスの昇圧比最大点) となり、管電流が設定値よりも大きい場合、発振制御回路 1 0 6 による駆動周波数の挿引をやめ、パルス幅制御回路 1 0 4 により圧電トランス 1 7 0 の入力電圧を小さくするように電圧制御を行う。

【 0 0 6 9 】

本実施の形態では、駆動周波数が可能な限り共振周波数よりも低い周波数領域とならないように制御を行っているが、扱う電力範囲において圧電トランス 1 7 0 が線形な領域で駆動が行うことができれば、駆動周波数を共振周波数から遠ざけるような制御を行ってもよい。

【 0 0 7 0 】

また、本実施の形態では、駆動周波数範囲を設けてはいなかったが、圧電トランス 1 7 0 を共振付近で駆動する場合、効率良く駆動を行うことができるため、共振周波数から駆動周波数が離れすぎないように周波数範囲を設定してもよい。

この場合、圧電トランスを効率の良いところで駆動できるため、圧電トランスの信頼性を確保できるだけでなく、効率の良いインバータ回路を実現できる。

【0071】

また、本実施の形態では、昇圧比の傾きに応じて圧電トランス170の制御を行うため、駆動周波数の範囲が共振周波数よりも高いか低いかに関係なく、その制御を行ったが、圧電セラミックスを用いた圧電トランスの場合、非線形性の問題から共振よりも低い周波数では、不安定な動作となりやすいため、昇圧比の傾きが負である領域での制御が望ましい。その場合、駆動周波数が所定の設定値よりも共振周波数に近づかないように設定を行い、設定周波数内の最小周波数となった場合、入力電圧を可変する。このように駆動周波数の設定範囲を予め設けておき、その範囲内であれば、周波数制御を行い、設定範囲内の最大周波数または最小周波数となった場合は、入力電圧の制御を行うことで、圧電トランス170を安定に動作させることができる。

【0072】

また、本実施の形態では、圧電トランスの駆動周波数の挿引については、昇圧比の傾きの変化の割合に関係なく行われているが、圧電トランスを共振周波数付近で駆動を行う場合、機械振動の変化を小さくするため、駆動周波数を変える場合は、共振から遠い場合に比べて駆動周波数の変化を小さくする方が望ましい。このように周波数制御を行うことで、圧電トランスを共振周波数付近で駆動を行っても、信頼性の高い駆動を行うことができる。

【0073】

また、本実施の形態では、第3の電極を持つ構造として図8に示す構造の圧電トランスを示したが、2次電極よりも低い電圧を出力する第3の電極であれば、他の構造でもよい（以下の実施形態においても同じ）。

【0074】

また、本実施の形態では、制御はアナログ的に行ったが、第2の実施形態に示したようにデジタル的に制御を行ってもよい。

【0075】

（実施の形態4）

図 1 1 は、本発明に係る圧電トランスの駆動回路の第 4 の実施形態のブロック図である。また、本駆動回路に用いられる圧電トランスの構造は第 3 の実施形態のものと同様に第 3 の電極を有するものである。

【 0 0 7 6 】

本実施の形態の駆動回路において、第 3 の実施形態のものと異なる点は、圧電トランス 1 7 0 の第 3 の電極 3 1 3 の出力電圧と、圧電トランス 1 7 0 の入力電圧との位相差を検出し、その位相差に基き制御する点である。

【 0 0 7 7 】

図 1 1 を用いて本実施形態の駆動回路を説明する。

同図において、可変発振回路 1 0 1 は圧電トランス 1 7 0 を駆動する交流駆動信号を発生する。可変発振回路 1 0 3 の出力は、ドライブ回路 1 0 1 により圧電トランス 1 7 0 を駆動するのに十分なレベルに電圧増幅され、圧電トランス 1 7 0 の 1 次側電極 3 1 1 u、3 1 1 d に入力される。圧電トランス 1 7 0 の圧電効果により昇圧された出力電圧は 2 次側電極 3 1 2 から取り出される。

【 0 0 7 8 】

2 次側電極 3 1 2 から出力された高圧電圧は冷陰極管 1 0 8 と帰還抵抗 1 0 9 との直列回路に印加される。また、圧電トランス 1 7 0 の第 3 の電極 3 1 3 には分圧抵抗 1 1 1 a と、1 1 1 b が接続されている。位相差検出回路 1 2 1 は、分圧抵抗 1 1 1 b の両端に発生する電圧とドライブ回路 1 0 1 に入力される電圧とを比較し、圧電トランス 1 7 0 の第 3 の電極 3 1 3 から出力される電圧とドライブ回路 1 0 1 に入力される電圧の位相差を検出する。

【 0 0 7 9 】

また、帰還抵抗 1 0 9 の両端に発生する電圧は電流検出回路 1 0 7 に印加され、冷陰極管 1 0 8 に流れる電流が一定となるように発振制御回路 1 0 6 及びパルス幅制御回路 1 0 4 に信号を出力する。

【 0 0 8 0 】

これら 2 つの位相差検出回路 1 2 1 と電流検出回路 1 0 7 からの出力により、発振制御回路 1 0 6 及びパルス幅制御回路 1 0 4 を制御することにより冷陰極管 1 0 8 に流れる電流が一定になるように制御を行う。

【 0 0 8 1 】

以上のように構成された駆動回路における電流検出回路 1 0 7 と位相差検出回路 1 2 1 による駆動周波数、入力電圧制御について図 1 2 を用いて説明する。図 1 2 は圧電トランスの動作特性を示した図である、図 1 2 (a) は横軸に周波数、縦軸に本実施形態の圧電トランスの冷陰極管 1 0 8 の点灯状態での第 2 の電極 3 1 2 での昇圧比 (PT0)、及び、第 3 の電極 3 1 3 での昇圧比 (S0) を示す。また、図 1 2 (b) は、横軸に周波数、縦軸に入力電圧と第 3 の電極 3 1 3 からの出力電圧との位相差を示す。図 1 2 (a) に示す通り、2 次側電極 3 1 2 での最大昇圧比の周波数と、第 3 の電極 3 1 3 からの最大昇圧比の周波数は一致する。これにより、第 3 の電極 3 1 3 からの出力電圧を検出して制御できることが分かる。

【 0 0 8 2 】

図 1 1 に示す駆動回路において、冷陰極管 1 0 8 に流れる電流が設定値よりも小さい場合、圧電トランス 1 7 0 の駆動周波数を共振周波数に近づけて昇圧比の高い領域で駆動を行うか、または、圧電トランス 1 7 0 の入力電圧を高くして出力電圧を高くすることで、管電流を増やすことができる。

【 0 0 8 3 】

電流検出回路 1 0 7 において、冷陰極管 1 0 8 を流れる電流が設定値よりも小さく、位相差検出回路 1 2 1 により検出された位相差が設定値よりも大きい場合、共振周波数と駆動周波数の関係は、図 1 2 (b) を参照し、以下のようなになる。

(共振周波数) < (駆動周波数)

このため、管電流が設定値になるまで駆動周波数を共振周波数に近づける。位相差が設定値と等しく (圧電トランス 1 7 0 の昇圧比最大点に対応) なり、管電流が設定値よりも小さい場合、発振制御回路 1 0 6 による駆動周波数の挿引をやめ、パルス幅制御回路 1 0 4 により圧電トランス 1 7 0 の入力電圧を高くするように制御する。

【 0 0 8 4 】

また、位相差が設定値よりも小さい場合、共振周波数と駆動周波数の関係は、以下のようなになる。

(共振周波数) > (駆動周波数)

このため、駆動周波数を高くし、共振周波数に近づける。位相差が設定値と等しく(圧電トランス 1 7 0 の昇圧比最大点に対応)なり、管電流が設定値よりも小さい場合、発振制御回路 1 0 6 による駆動周波数の挿引をやめ、パルス幅制御回路 1 0 4 により圧電トランス 1 7 0 の入力電圧を高くするよう制御する。

【 0 0 8 5 】

一方、冷陰極管 1 0 8 に流れる電流が設定値よりも大きい場合には、圧電トランス 1 7 0 の駆動周波数を共振周波数から遠ざけて昇圧比の小さい領域で駆動を行うか、または、圧電トランス 1 7 0 の入力電圧を低くして出力電圧を小さくすることで、管電流を減らすことができる。電流検出回路 1 0 7 において、冷陰極管 1 0 8 を流れる電流が設定値よりも大きく、位相差検出回路 1 2 1 により検出された位相差が設定値よりも大きい場合、共振周波数と駆動周波数の関係は、以下のようなになる。

(共振周波数) < (駆動周波数)

このため、パルス幅制御回路 1 0 4 により圧電トランス 1 7 0 の入力電圧を小さくするように制御が行なわれる。これは、圧電トランス 1 7 0 を変換効率の良い共振周波数付近で駆動を行うためである。圧電トランスの入力電圧が制御範囲内の最小電圧となった場合、管電流が設定値になるまで駆動周波数を高周波数側にシフトする。

【 0 0 8 6 】

また、位相差が設定値よりも小さい場合、共振周波数と駆動周波数の関係は以下のようなになる。

(共振周波数) > (駆動周波数)

このため、圧電トランス 1 7 0 の駆動を共振周波数よりも高い周波数で行うよう、駆動周波数を高くして共振周波数に近づける。このような場合、一時的に昇圧比は増加し管電流が増加するが、ここでは、非線形現象の表れやすい共振よりも低い周波数領域で駆動を行わないよう制御を行っている。位相差が設定値と等しく(圧電トランス 1 7 0 の昇圧比最大点に対応)なり、管電流が設定値よりも大きい場合、発振制御回路 1 0 6 による駆動周波数の挿引をやめ、パルス幅制御回

路 1 0 4 により圧電トランス 1 7 0 の入力電圧を小さくするよう電圧制御を行う。

【 0 0 8 7 】

本実施の形態では、制御周波数ができるだけ共振周波数よりも低い周波数領域とならないよう制御を行っているが、扱う電力範囲において圧電トランス 1 7 0 が線形な領域で駆動が行うことができれば、駆動周波数を共振周波数から遠ざけるような制御を行ってもよい。

【 0 0 8 8 】

また、本実施の形態では、駆動周波数の制御範囲を設けてはいなかったが、圧電トランス 1 7 0 を共振付近で駆動を行う場合、効率よく駆動できるようにするため、共振周波数から駆動周波数が離れすぎないように駆動周波数の制御範囲を設定してもよい。この場合、圧電トランス 1 7 0 を効率のよいところで駆動できるため、圧電トランス 1 7 0 の信頼性を確保できるだけでなく、インバータ回路として効率の高いものを得ることができる。

【 0 0 8 9 】

また、本実施の形態では、検出した位相差に基き、圧電トランス 1 7 0 の制御を行うため、共振周波数よりも高い周波数、低い周波数に関係なく、その制御を行った。しかし、圧電セラミックスを用いた圧電トランスの場合、非線形性の問題から共振よりも低い周波数では、不安定な動作となりやすいため、位相差が設定値よりも大きい領域での制御が望ましい。その場合、駆動周波数が所定の設定値よりも共振周波数に近づかないように設定を行い、設定周波数の最小周波数となった場合、入力電圧を可変する。このように駆動周波数の設定範囲を予め設けておき、その範囲内であれば、周波数制御を行い、最大周波数、最小周波数となった場合は、入力電圧の制御を行うことで、圧電トランス 1 7 0 を安定に動作させることができる。

【 0 0 9 0 】

また、本実施の形態では、圧電トランス 1 7 0 の駆動周波数の挿引については、位相差の変化の割合に関係なく行った。しかし、しかし、駆動周波数の挿引速度を、周波数に応じて変化する圧電トランスの位相差に応じて変化させるのが好

ましい。すなわち、圧電トランス 1 7 0 を共振周波数付近で駆動する場合、機械振動の変化を小さくするため、駆動周波数を変える場合は、駆動周波数が共振周波数から遠い場合に比べて駆動周波数の変化（挿引速度）を小さくする方が望ましい。このように周波数制御を行うことで、圧電トランス 1 7 0 を共振周波数付近で駆動を行っても、信頼性の高い駆動を行うことができる。

【 0 0 9 1 】

また、本実施の形態では、制御はアナログ的に行ったが、実施の形態 2 に示したようにデジタル的に制御を行っても同様の効果を得ることができる。

【 0 0 9 2 】

（実施の形態 5）

図 1 3 は、本発明に係る圧電トランスの駆動回路の第 5 の実施の形態のブロック図である。本実施形態の駆動回路に用いられる圧電トランスは第 3 及び第 4 の実施形態のものと同様である。

【 0 0 9 3 】

本実施の形態の駆動回路において、実施の形態 4 と異なる点は、第 3 の電極 3 1 3 からの出力電圧を圧電トランス 1 7 0 の過電圧保護にも用いる点である。

【 0 0 9 4 】

本実施形態の駆動回路について図 1 3 を用いて説明する。

同図において、可変発振回路 1 0 1 は圧電トランス 1 1 0 を駆動する交流駆動信号を発生する。可変発振回路 1 0 3 の出力はドライブ回路 1 0 1 により圧電トランス 1 7 0 を駆動するのに十分なレベルに電圧増幅され、圧電トランス 1 7 0 の 1 次側電極に入力される。圧電トランス 1 7 0 の圧電効果により昇圧された出力電圧は 2 次側電極から取り出される。

【 0 0 9 5 】

圧電トランス 1 7 0 の 2 次側電極 3 1 2 から出力された高圧電圧は冷陰極管 1 0 8 と帰還抵抗 1 0 9 との直列回路に印加される。また、圧電トランス 1 7 0 の第 3 の電極 3 1 3 には分圧抵抗 1 1 1 a と、1 1 1 b が接続されている。位相差検出回路 1 2 1 は、分圧抵抗 1 1 1 b の両端に発生する電圧とドライブ回路 1 0 1 に入力される電圧とを比較し、圧電トランス 1 7 0 の第 3 の電極 3 1 3 から出力

される電圧とドライブ回路 1 0 1 に入力される電圧の位相差を検出する。また、分圧抵抗 1 1 1 b の両端に発生する電圧は、比較回路 1 2 2 に入力され、冷陰極管 1 0 8 の点灯開始時の過電圧保護を行う。

【 0 0 9 6 】

さらに、帰還抵抗 1 0 9 の両端に発生する電圧は電流検出回路 1 0 7 に印加され、冷陰極管 1 0 8 に流れる電流が一定となるように発振制御回路 1 0 6 及びパルス幅制御回路 1 0 4 に信号を出力する。

【 0 0 9 7 】

点灯開始時には電流検出回路 1 0 7 の動作を停止し、パルス制御回路 1 0 4 からは圧電トランス 1 7 0 に設定電圧が印加されるようになる。発振制御回路 1 0 6 には、比較回路 1 2 2 からの出力が入力される。比較回路 1 2 2 は、圧電トランス 1 7 0 の第 3 の電極 3 1 3 からの出力と、設定電圧 V_{ref1} との比較を行い、その比較結果を示す信号を発振制御回路 1 0 6 に出力する。発振制御回路 1 0 6 は、比較回路からの出力信号に基づいて、第 3 の電極 3 1 3 からの出力電圧が設定電圧よりも小さい場合には、駆動周波数を共振周波数に近づけるよう可変発振回路 1 0 3 に制御信号を出力する。その後、圧電トランス 1 7 0 の第 3 の電極 3 1 3 からの出力電圧が設定電圧に等しくなったときは、印加電圧のさらなる上昇を防止するため、発振制御回路 1 0 6 は駆動周波数の挿引を停止するように可変発振回路 1 0 3 に制御信号を出力する。冷陰極管 1 0 8 が点灯を行うと比較回路 2 2 1 は動作を停止し、電流検出回路 1 0 7 からの出力と位相差検出回路 1 2 1 からの出力に基づき、発振制御回路 1 0 6 及びパルス幅制御回路 1 0 4 が制御されることにより冷陰極管 1 0 8 に流れる電流が一定になるように制御される。

【 0 0 9 8 】

次に、駆動回路の点灯開始時の動作について図 1 4 を用いて説明を行う。

図 1 4 (a) は陰極管点灯後の圧電トランスの動作特性曲線であり、図 1 4 (b) は陰極管点灯前の圧電トランスの動作特性曲線である。図 1 4 において、曲線 T 1 は圧電トランス 1 7 0 の 2 次側電極 3 1 2 での昇圧比を示し、曲線 S 1 は圧電トランス 1 7 0 の第 3 の電極 3 1 3 での昇圧比を示している。図 1 4 (b) に示すように、点灯開始時において、冷陰極管 1 0 8 に印加される電圧は、曲線 T

1により得られる、圧電トランス170の無負荷の昇圧比に対応した高い電圧である。共振周波数よりも高い駆動周波数から順次駆動周波数を共振周波数に近づけることにより出力電圧を増大させていき、冷陰極管108の点灯開始電圧で冷陰極管108が点灯する。このとき、第3の電極313からの出力は曲線S1での電圧に対応したものとなる。冷陰極管108が点灯すると、圧電トランス170の2次側電極312、第3の電極313での昇圧比の動作特性曲線は図14の(a)の曲線に移り、所定の管電流となるように制御が行われる。

【0099】

このとき、冷陰極管108が点灯開始電圧になっても点灯を行わなかった場合、圧電トランス170の負荷は見かけ上無限大となり、駆動周波数が共振周波数に近づくことで、図14(b)の曲線T1の周波数に対応した電圧が出力となって表れてくる。そこで、点灯開始時は曲線S1に対応した第3の電極313からの出力電圧を検出し、この検出した出力電圧と設定電圧とを比較回路122により比較する。第3の電極313からの出力電圧が設定値になるまでは駆動周波数を共振周波数に近づけ、出力電圧を増大させる。しかし、第3の電極313からの出力電圧が設定値になると駆動周波数の挿引をやめ、駆動周波数をその電圧値に対応する周波数に固定する。この間、位相差検出回路121、電流検出回路107の動作は停止している。

【0100】

また、過電圧保護に用いられる比較回路122は冷陰極管108点灯時には停止し、管電流の制御は、電流検出回路107、位相差検出回路121の出力を用いて行われる。冷陰極管108点灯状態での回路の動作は第4の実施形態に示すものと同じである。

【0101】

なお、本実施の形態では、管電流制御には、圧電トランス170の入力電圧と、第3の電極313からの出力電圧との位相差を検出して制御を行っているが、第3の実施形態に示したように、圧電トランス170の第3の電極313の昇圧比を検出し、その傾きから駆動周波数、駆動電圧の制御を行い管電流を一定になるよう制御を行っても同様の効果を得ることができる。

【0102】

また、本実施の形態では、制御はアナログ的に行ったが、第2の実施形態に示したようにデジタル的に制御を行っても同様の効果を得ることができる。

【0103】

(実施の形態6)

図15は、本発明に係る圧電トランスの駆動回路の第6の実施の形態のブロック図である。本駆動回路に用いられる圧電トランスは図16に示すローゼン型圧電トランスである。その動作は第1の実施形態で説明した。

【0104】

本実施形態の駆動回路について図15を用いて説明する。

同図において、可変発振回路101は圧電トランス110を駆動する交流駆動信号を発生する。可変発振回路103の出力はドライブ回路101により圧電トランス110を駆動するのに十分なレベルに電圧増幅され、圧電トランス110の1次側電極303uに入力される。圧電トランス110の圧電効果により昇圧された出力電圧は2次側電極304から取り出される。

【0105】

2次側電極304から出力された高圧電圧は冷陰極管108と帰還抵抗109との直列回路に印加される。

【0106】

また、帰還抵抗109の両端に発生する電圧は電流検出回路107に印加され、冷陰極管108に流れる電流が一定となるように発振制御回路106及びパルス幅制御回路104に信号を出力する。電流検出回路107からの出力は、比較回路231では、周波数の上限（基準電圧Vref1に対応）及び下限（基準電圧Vref2に対応）を設定電圧により設定する。比較回路123は、電流検出回路107からの出力と、これらの基準電圧Vref1、Vref2との比較を行い、基準電圧Vref2よりも大きい電圧値が入力されたとき、または、基準電圧Vref1よりも小さい電圧が入力されたときは、駆動周波数を固定する。また、電流検出回路107からの出力が、基準電圧Vref1よりも大きい電圧範囲、又は、基準電圧Vref2よりも小さい電圧範囲にあるときは、パルス幅制御により入力電圧を制御し、管電流を

一定になるように制御する。

【0107】

このように、圧電トランス110の駆動周波数の範囲を設定し、管電流が一定になるように圧電トランス110の駆動電圧を制御することで、圧電トランス110の駆動効率の良い周波数範囲での駆動を行うことが可能となる。さらに、共振周波数を越えるなどの誤動作も防ぐことができる。

【0108】

また、本実施の形態では、周波数の変化の割合については触れていないが、共振周波数付近での駆動周波数の変化は、その変化幅を細かくして行い、共振周波数から離れるに従って駆動周波数の変化幅を大きくするなどの制御を行うことにより、信頼性の高い圧電トランスの駆動を行うことができる。

【0109】

また、本実施の形態では、制御はアナログ的に行ったが、第2の実施形態に示したようにデジタル的に制御を行っても同様の効果を得ることができる。

【0110】

【発明の効果】

以上詳述した如く、本発明の圧電トランスでは、圧電トランスの駆動回路において、圧電トランスの昇圧比の傾きを検出することで、圧電トランスの共振周波数を検出することが可能となる。その結果、圧電トランスの個体バラツキによる共振周波数のズレ、及び負荷、動作温度等による圧電トランス特性の変化にも対応し、常に、効率のよい共振周波数付近での動作を可能にし、さらに安定な動作を行うことができる。また、第3の電極を設けた圧電トランスを用いて、第3の電極の昇圧比を検出して制御を行うことで比較的低い電圧で制御を行うことが可能となる。さらに、第3の電極からの出力を検出することで制御を行えば、高電圧のとりまわしが少なくなり、インバータの小型化の効果を得ることができる。

【0111】

さらに、制御回路を集積回路としてデジタル的に制御を行なうことで、より小型インバータを実現することもできる。

【0112】

このように、本発明の駆動方法によれば、信頼性が高く、しかも小型の圧電インバータとなり、実用的上その効果は非常に大きい。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 本発明に係る圧電トランスの駆動回路の第 1 の実施形態のブロック図。

【図 2】 ローゼン型圧電トランスの等価回路を示す図。

【図 3】 (a) ローゼン型圧電トランスの昇圧比の周波数特性を示す図、及び、(b) その昇圧比の傾きの周波数特性を示す図。

【図 4】 本発明に係る圧電トランスの駆動回路の第 2 の実施形態のブロック図。

【図 5】 第 2 の実施の形態の駆動回路の制御回路の動作を示すフローチャート。

【図 6】 本発明に係る圧電トランスの駆動回路の第 3 の実施形態のブロック図。

【図 7】 第 3 の実施形態における別の例の圧電トランスの駆動回路のブロック図。

【図 8】 第 3 の電極が形成された圧電トランスの斜視図。

【図 9】 第 3 の電極が形成された圧電トランスの等価回路を示す図。

【図 10】 (a) 第 3 の電極が形成された圧電トランスの昇圧比の周波数特性を示す図、及び、(b) その昇圧比の傾きの周波数特性を示す図。

【図 11】 本発明に係る圧電トランスの駆動回路の第 4 の実施形態のブロック図。

【図 12】 (a) 第 4 の電極が形成された圧電トランスの昇圧比の周波数特性を示す図、及び、(b) 入力電圧と第 3 の電極の出力電圧との位相差の周波数特性を示す図。

【図 13】 本発明に係る圧電トランスの駆動回路の第 5 の実施形態のブロック図。

【図 14】 第 5 の実施形態における駆動回路の圧電トランスの昇圧比の周波数特性を示す図 ((a) 点灯後、(b) 点灯前)。

【図 1 5】 本発明に係る圧電トランスの駆動回路の第 6 の実施形態のブロック図。

【図 1 6】 従来のローゼン型圧電トランスを示す斜視図。

【図 1 7】 ローゼン型圧電トランスの周波数特性を示す図。

【図 1 8】 従来のローゼン型圧電トランスの駆動回路のブロック図。

【図 1 9】 従来の別の例のローゼン型圧電トランスの駆動回路のブロック図。

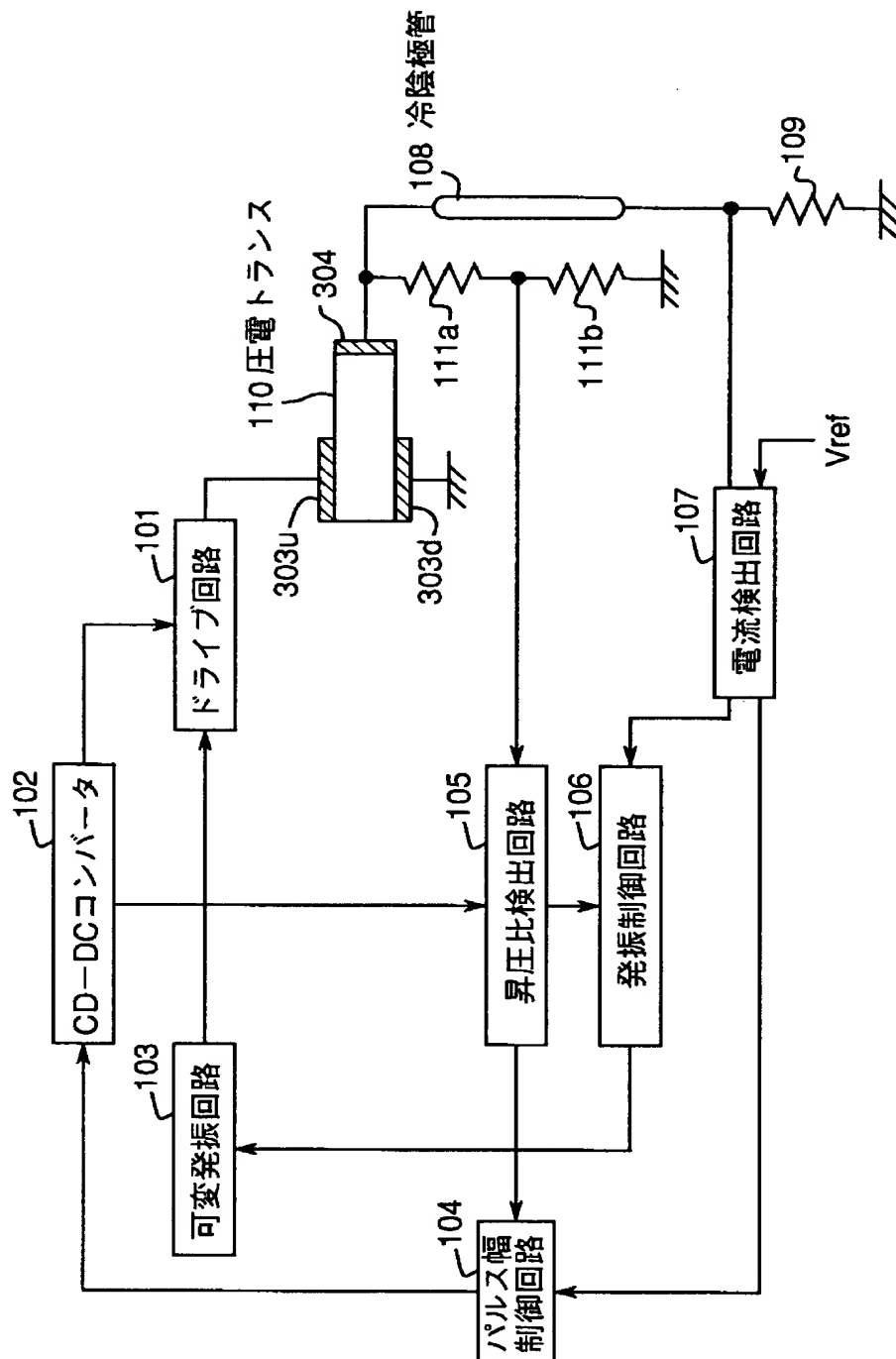
【図 2 0】 従来の別の例のローゼン型圧電トランスの駆動回路のブロック図。

【符号の説明】

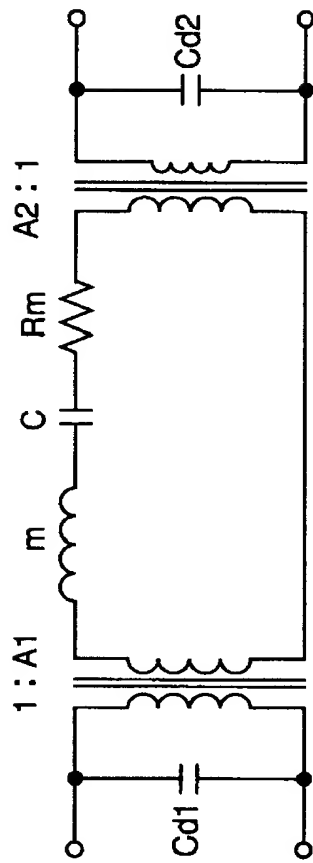
- 1 0 1 ドライブ回路
- 1 0 2 DC-DC コンバータ
- 1 0 3 可変発振回路
- 1 0 4 パルス幅制御回路
- 1 0 5 昇圧比検出回路
- 1 0 6 発振制御回路
- 1 0 7 電流検出回路
- 1 0 8 冷陰極管
- 1 0 9 帰還抵抗
- 1 1 0, 1 7 0 圧電トランス
- 1 1 1 a、1 1 1 b 分圧抵抗
- 1 4 0, 1 5 1 制御回路（集積回路）
- 1 2 1 位相検出回路
- 1 2 2, 1 2 3 比較回路
- 3 0 3 u, 3 0 3 d, 3 1 1 u, 3 1 1 d 圧電トランスの 1 次側電極
- 3 0 4, 3 1 2 圧電トランスの 2 次側電極
- 3 1 3 圧電トランスの第 3 の電極

【書類名】 図面

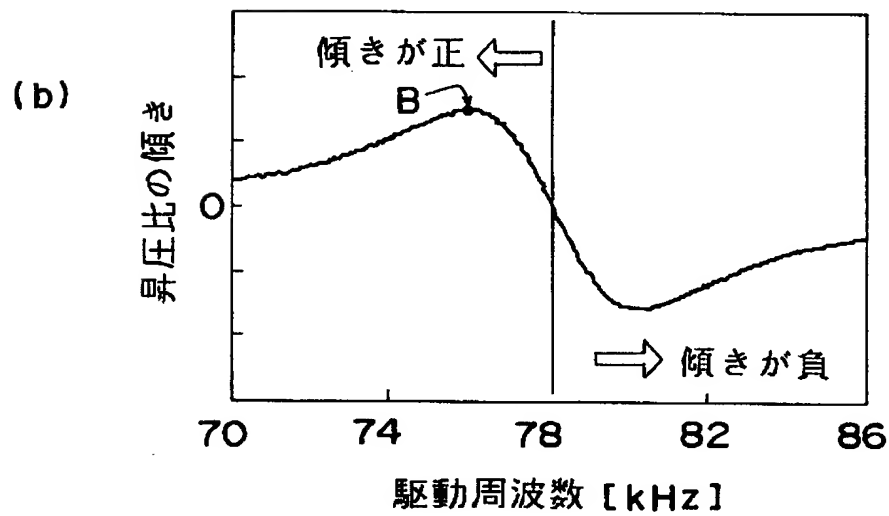
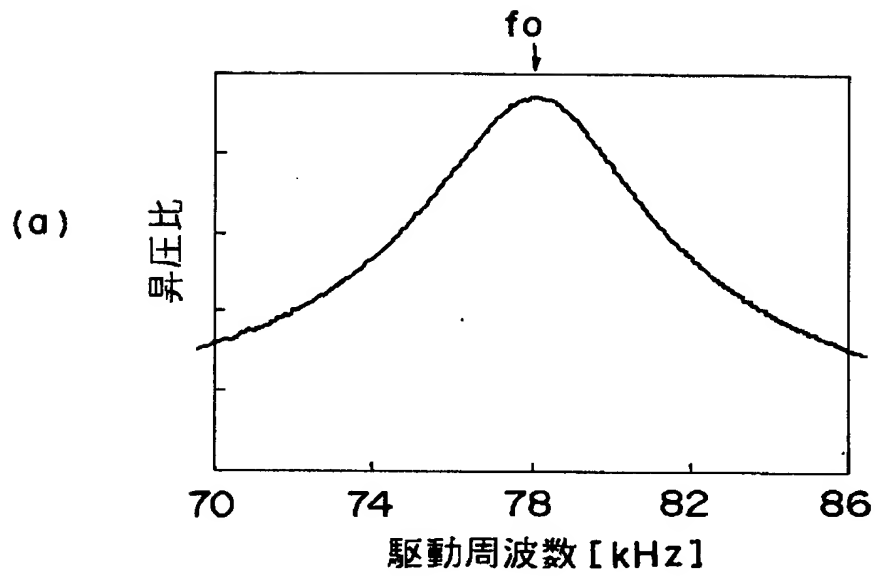
【図 1】



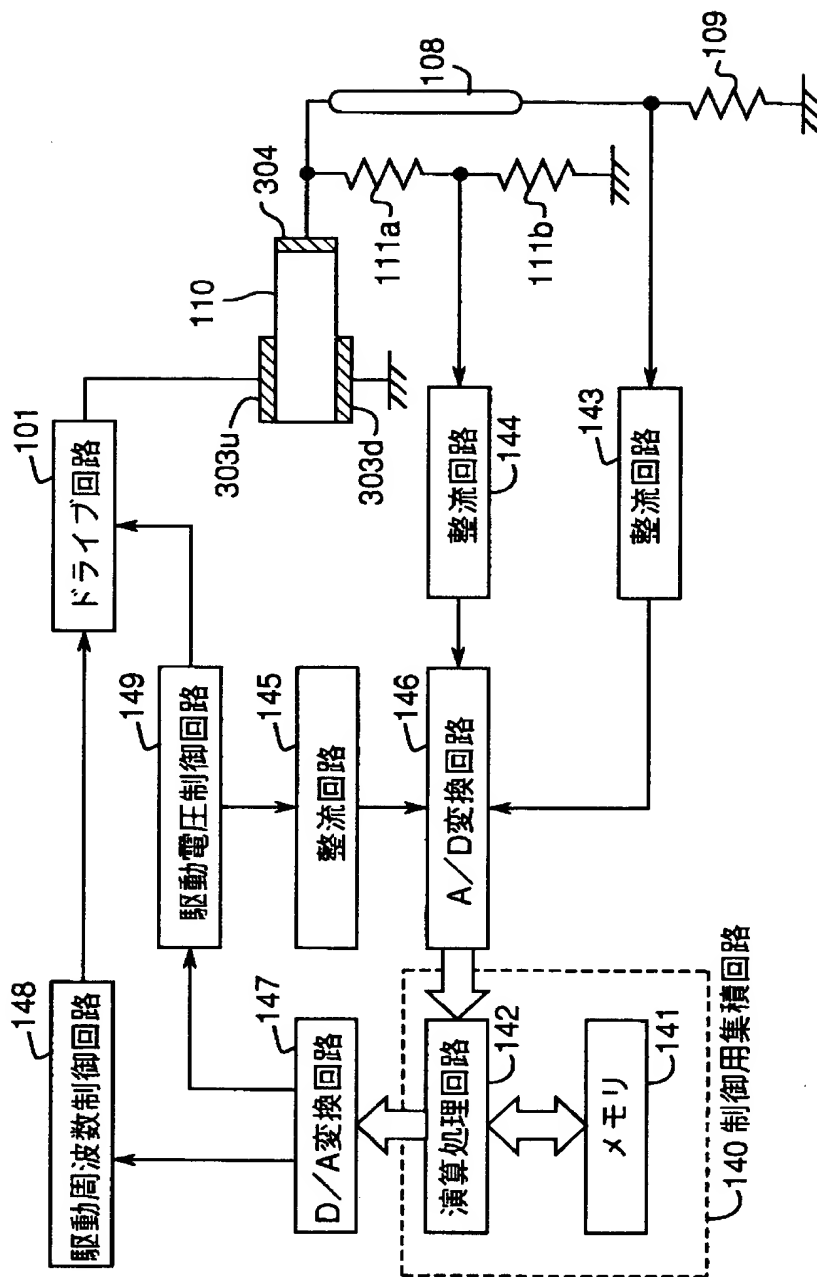
【図 2】



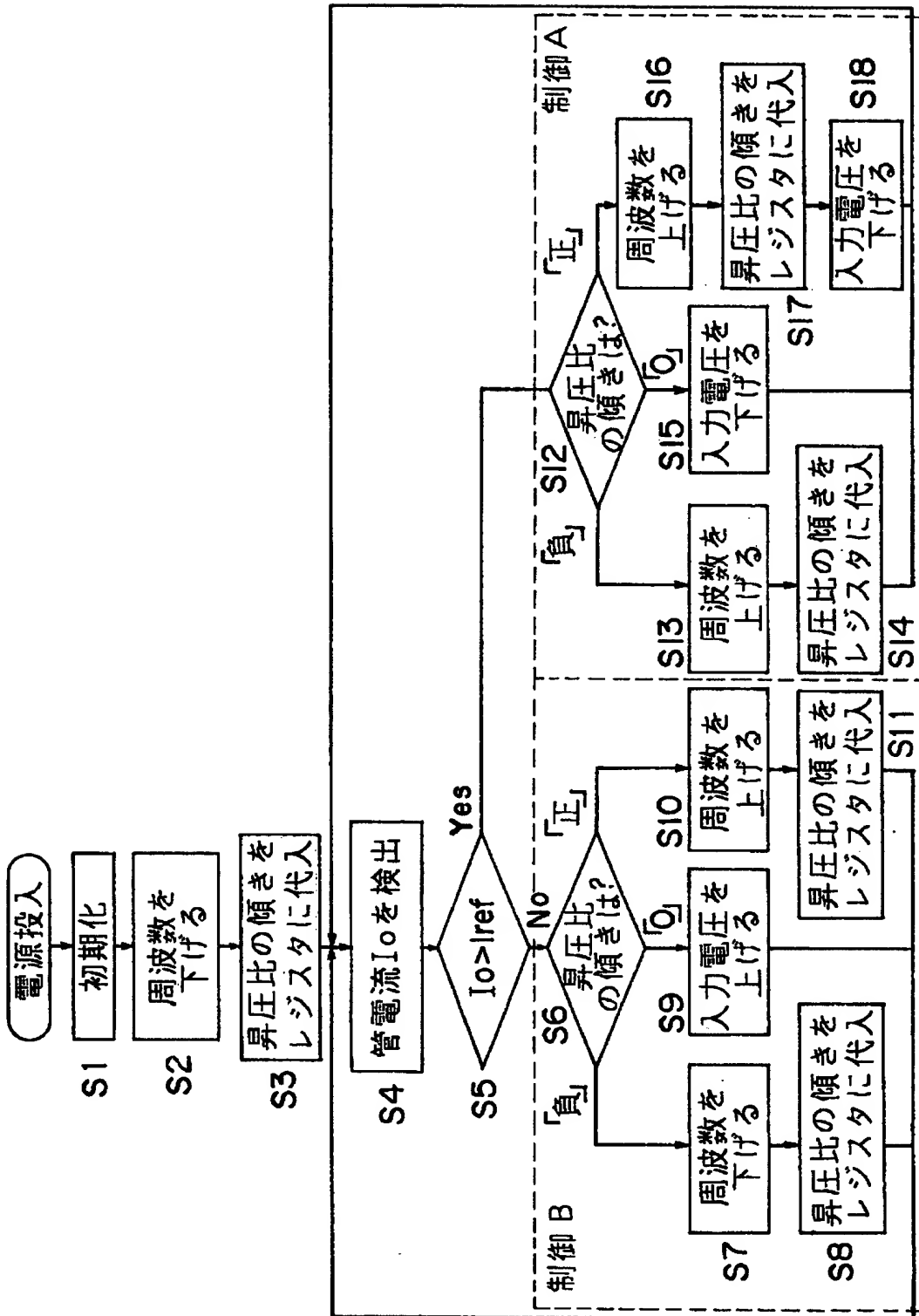
【図 3】



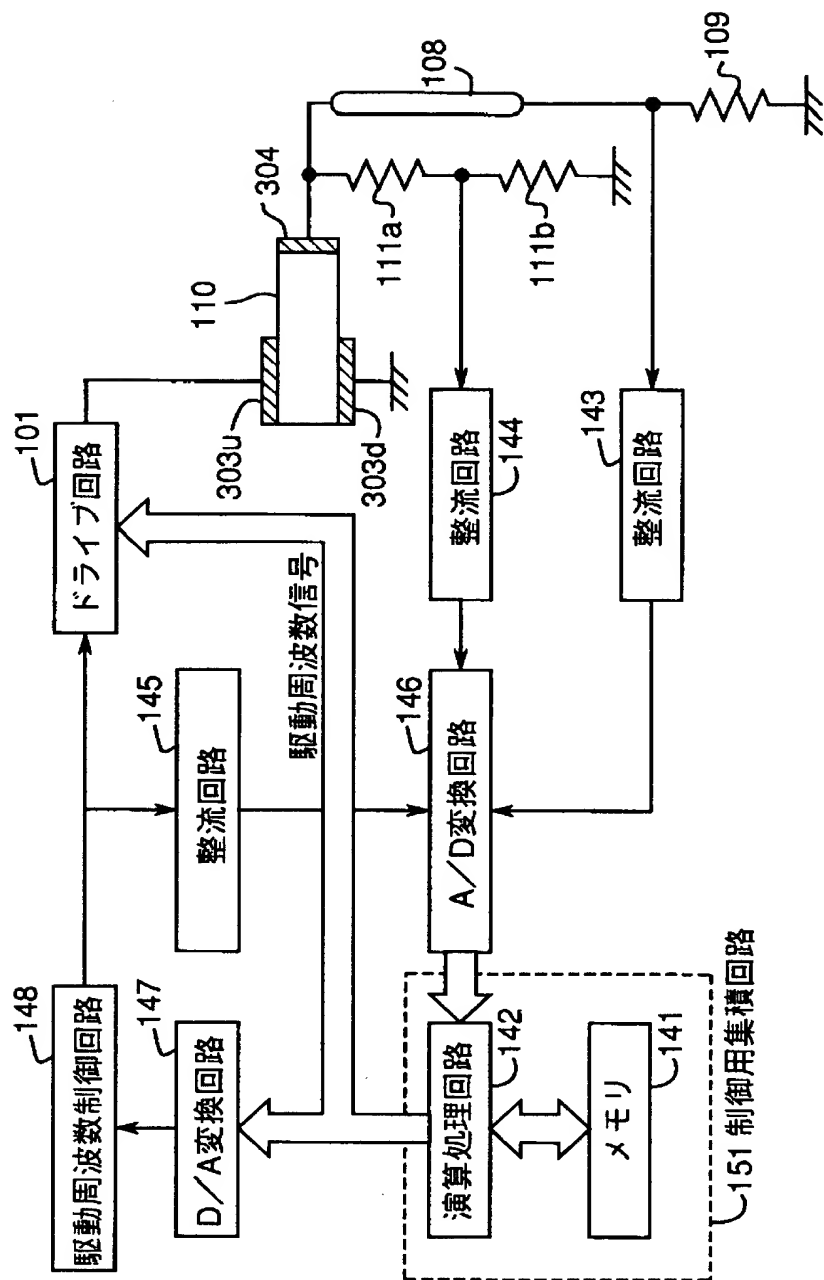
【図4】



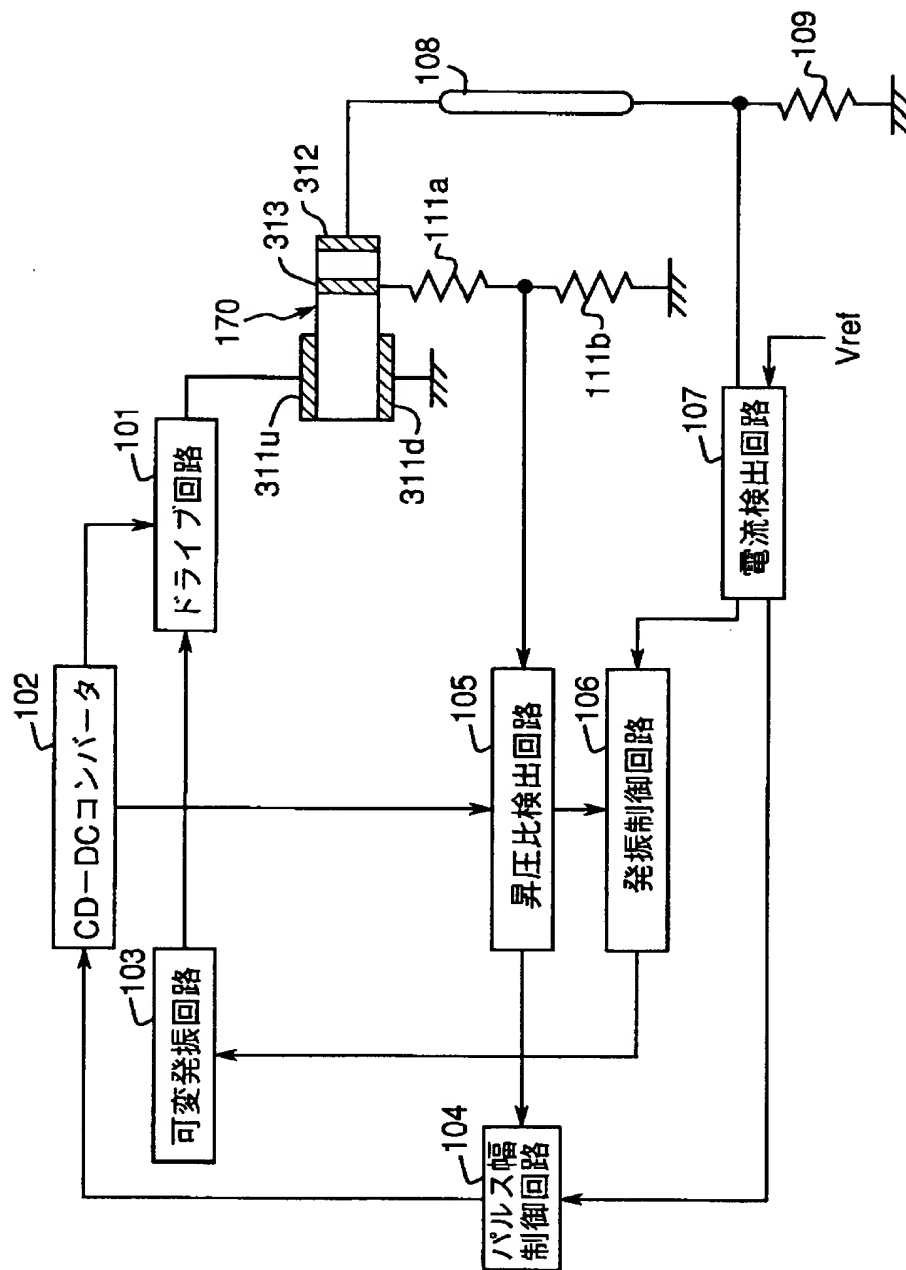
【図5】



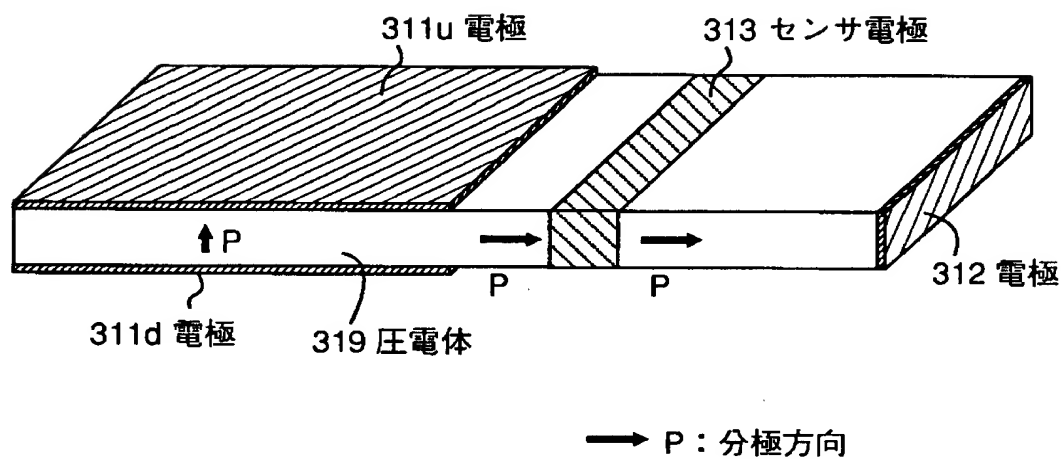
【図 6】



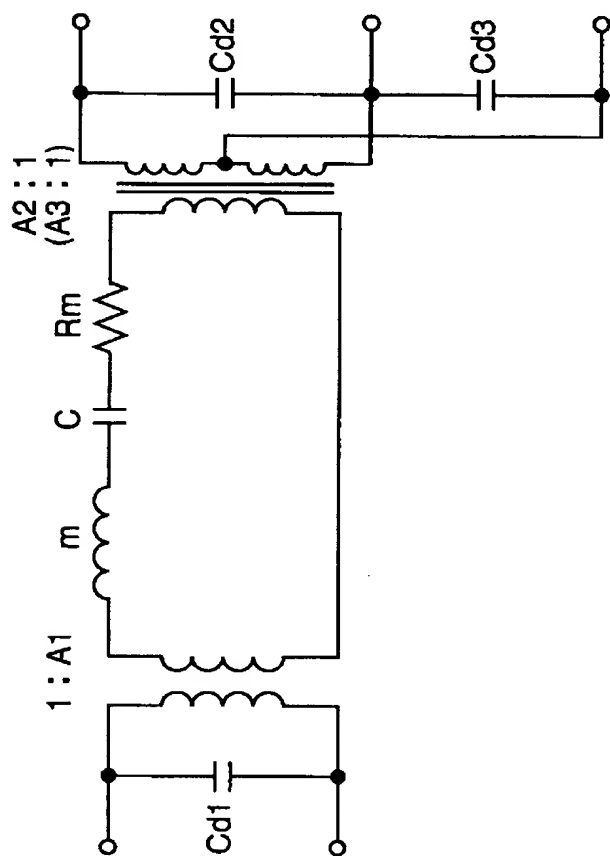
【図 7】



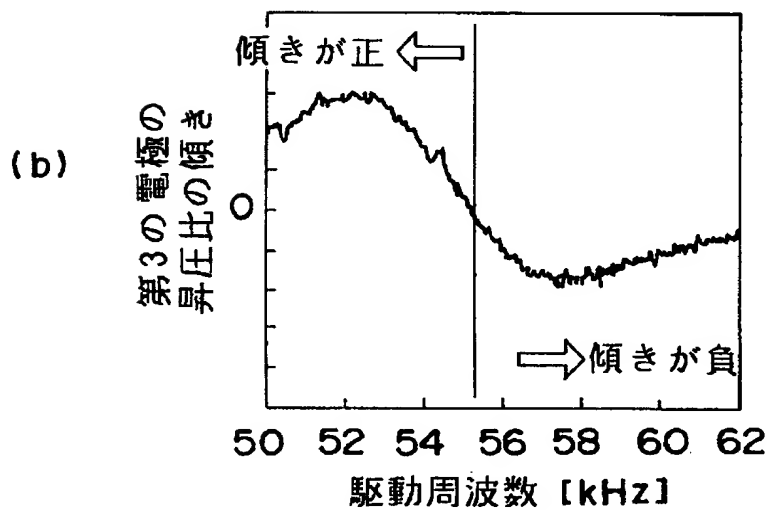
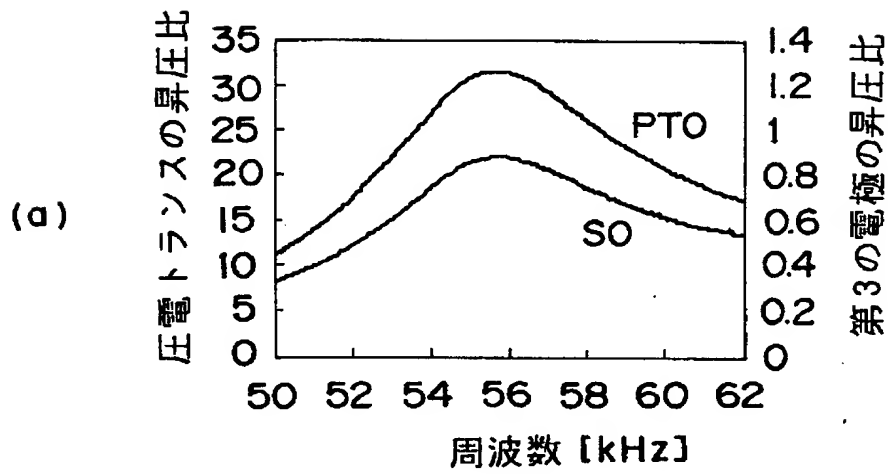
【図 8】



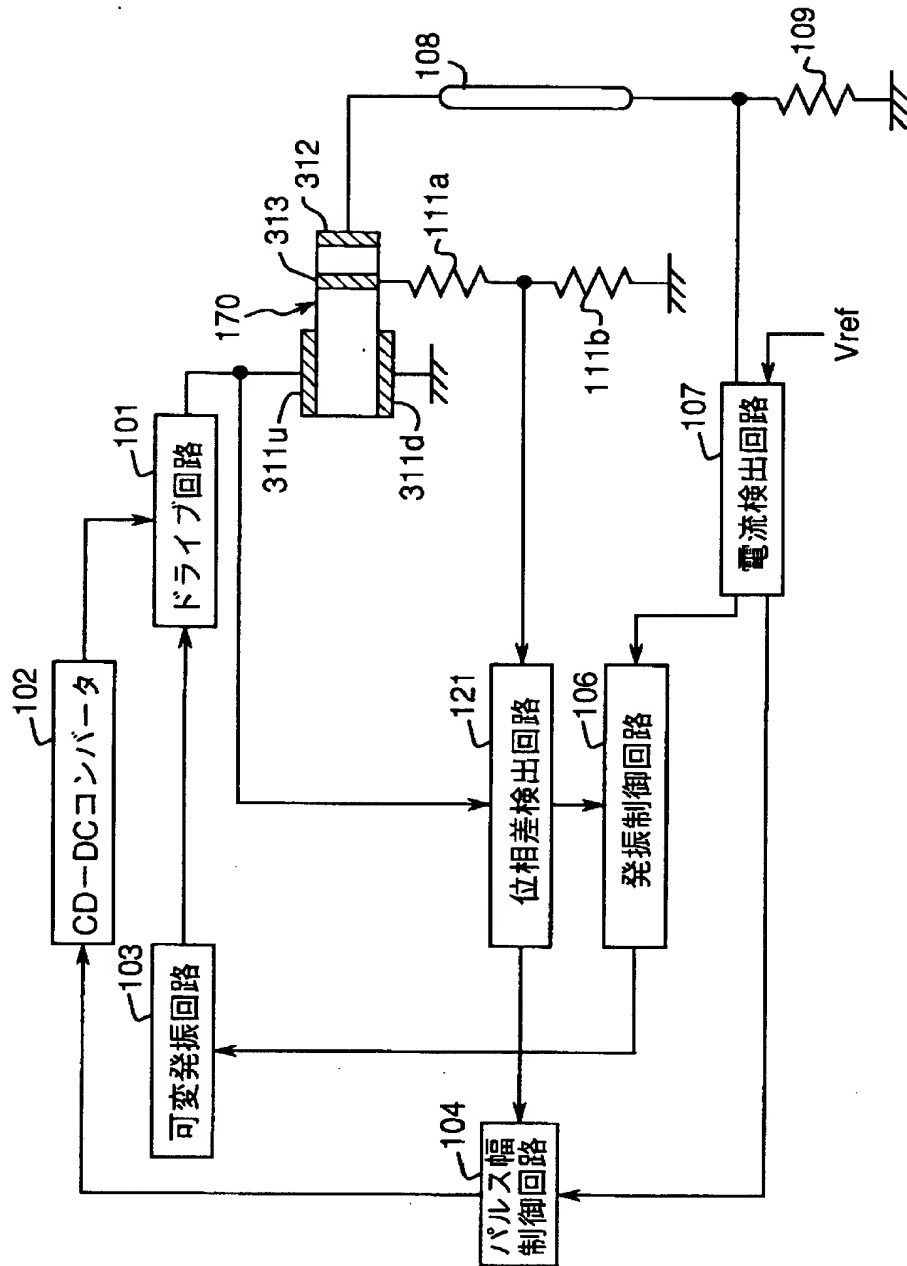
【図 9】



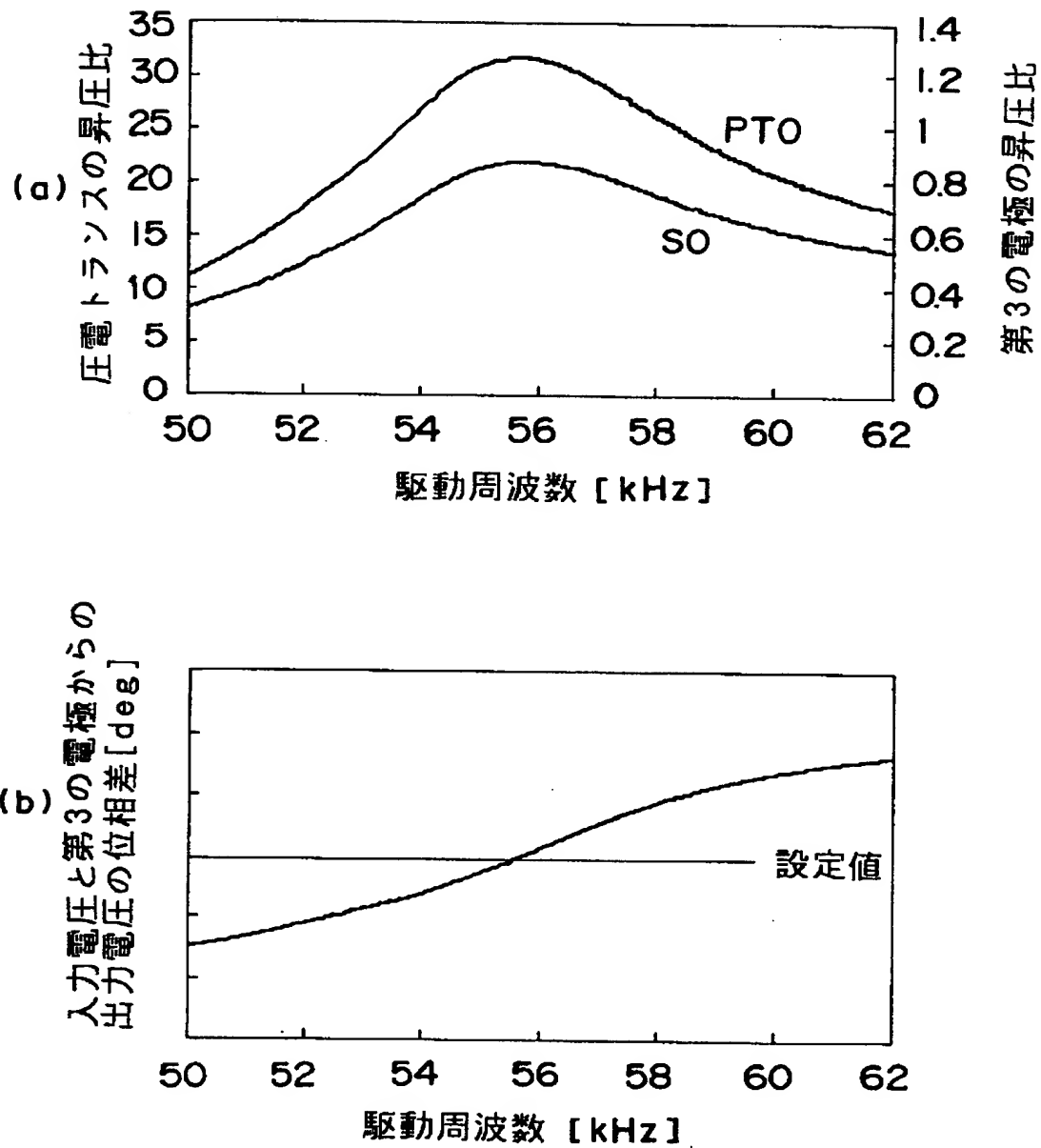
【図 1 0】



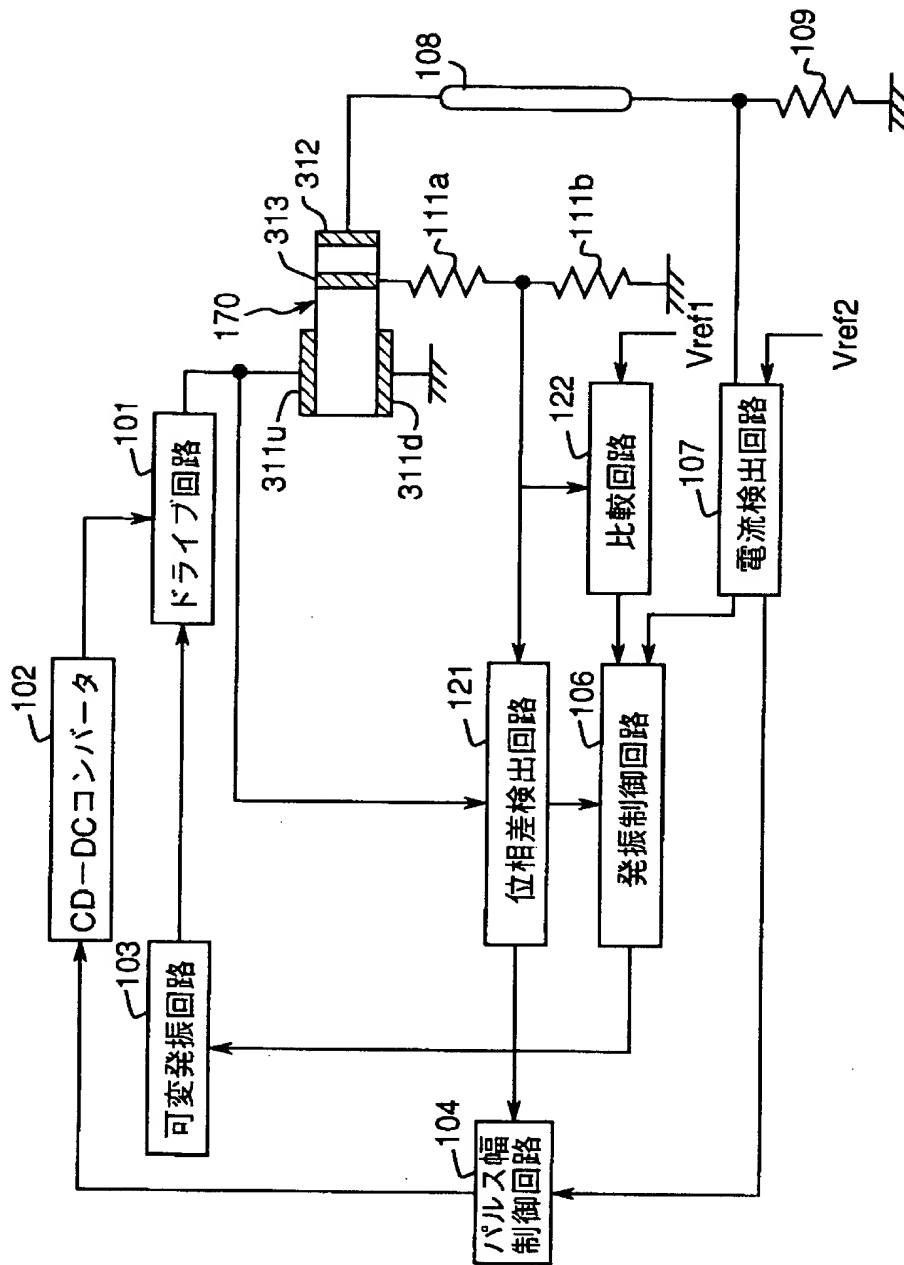
【図 1 1】



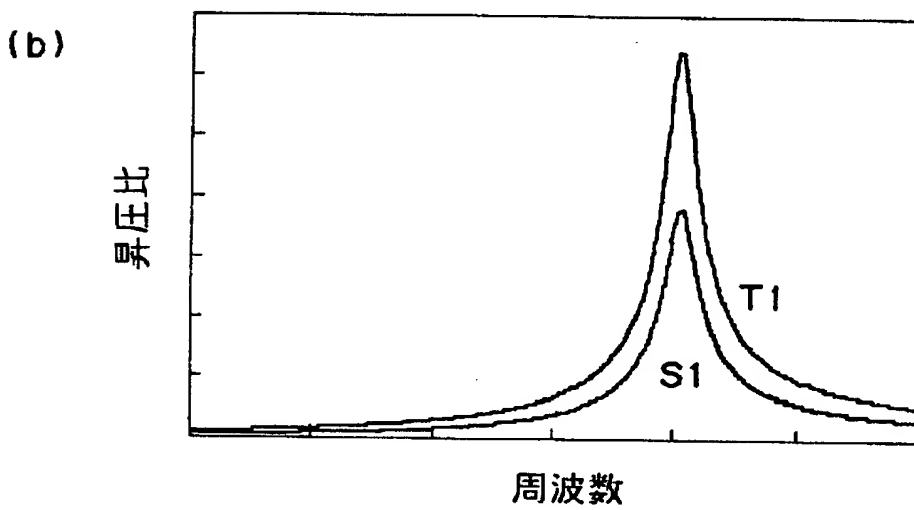
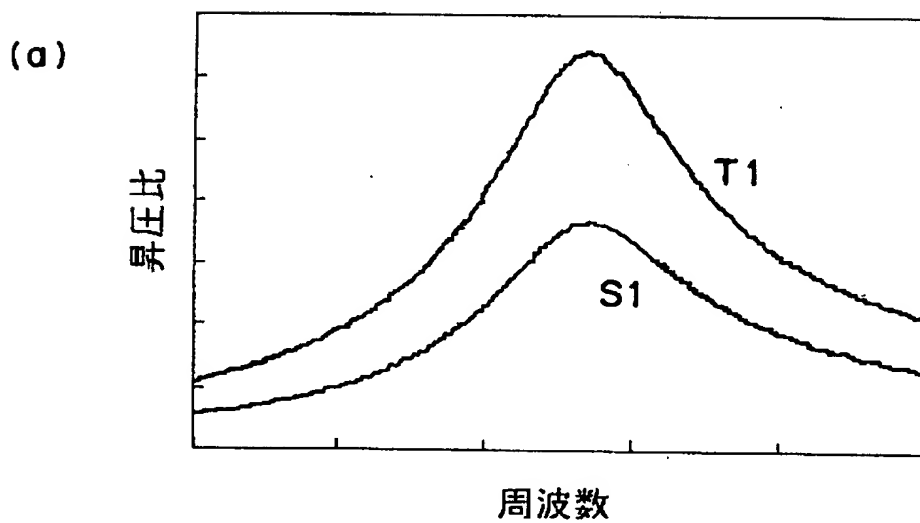
【図 1 2】



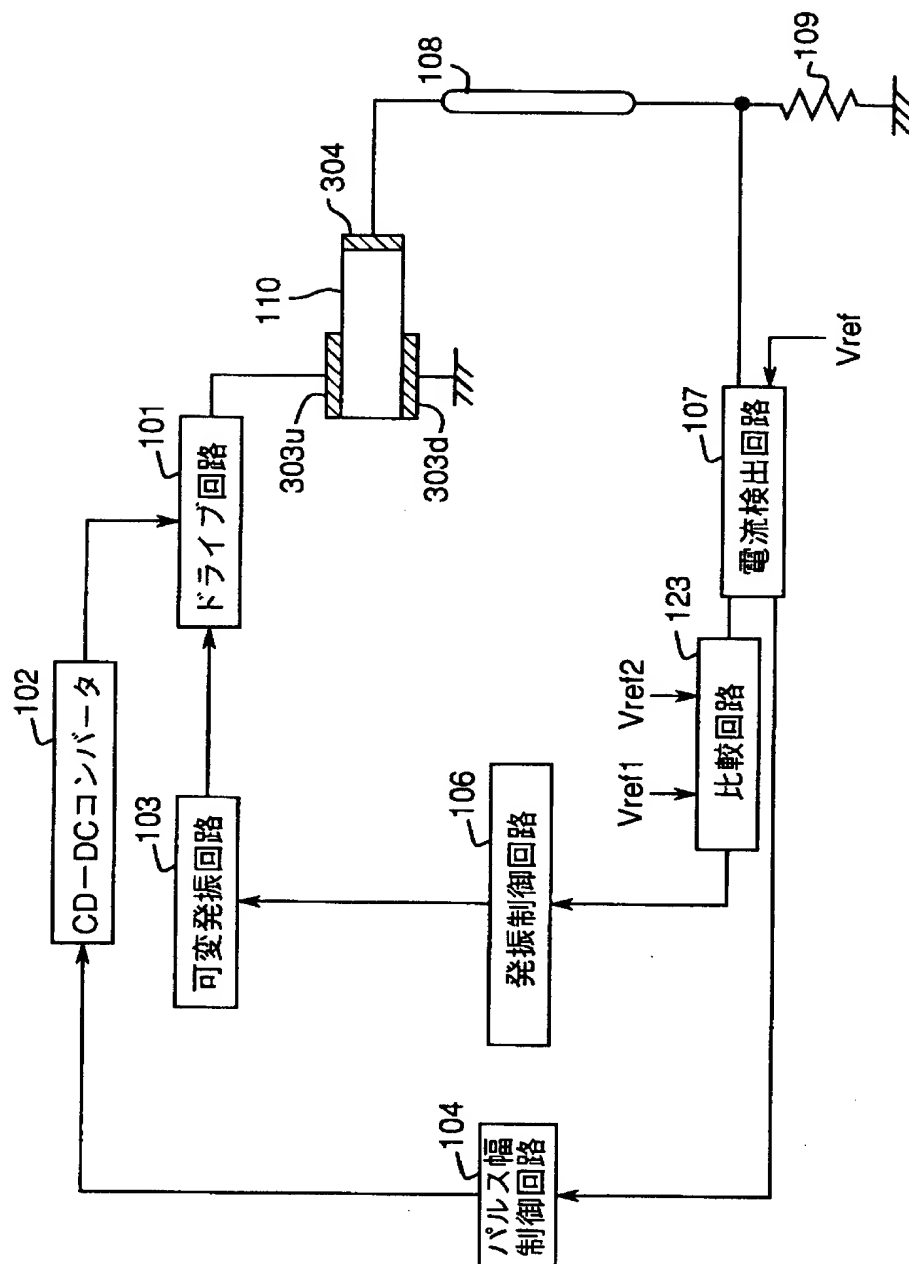
【図 13】



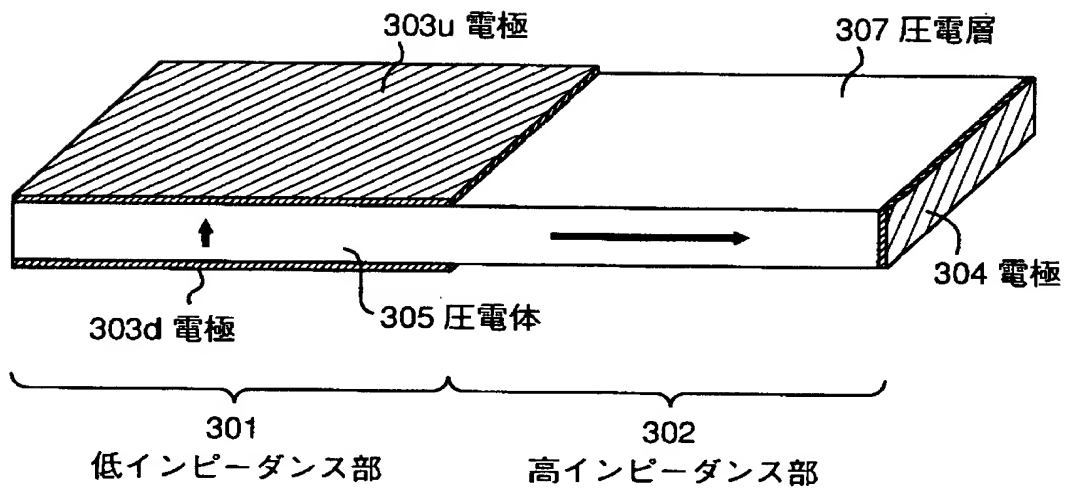
【図 14】



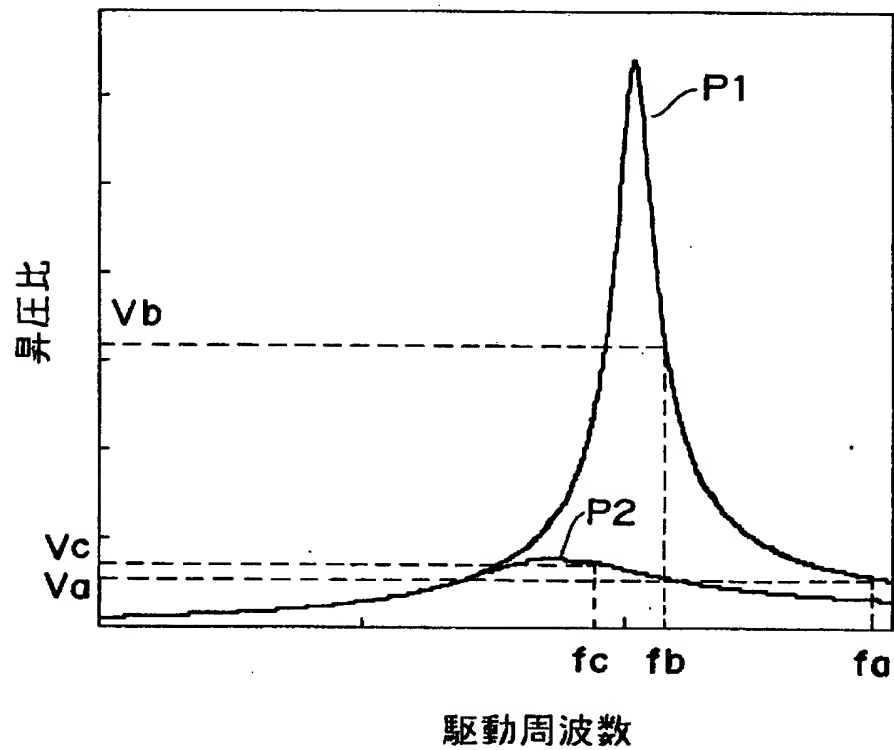
【図 15】



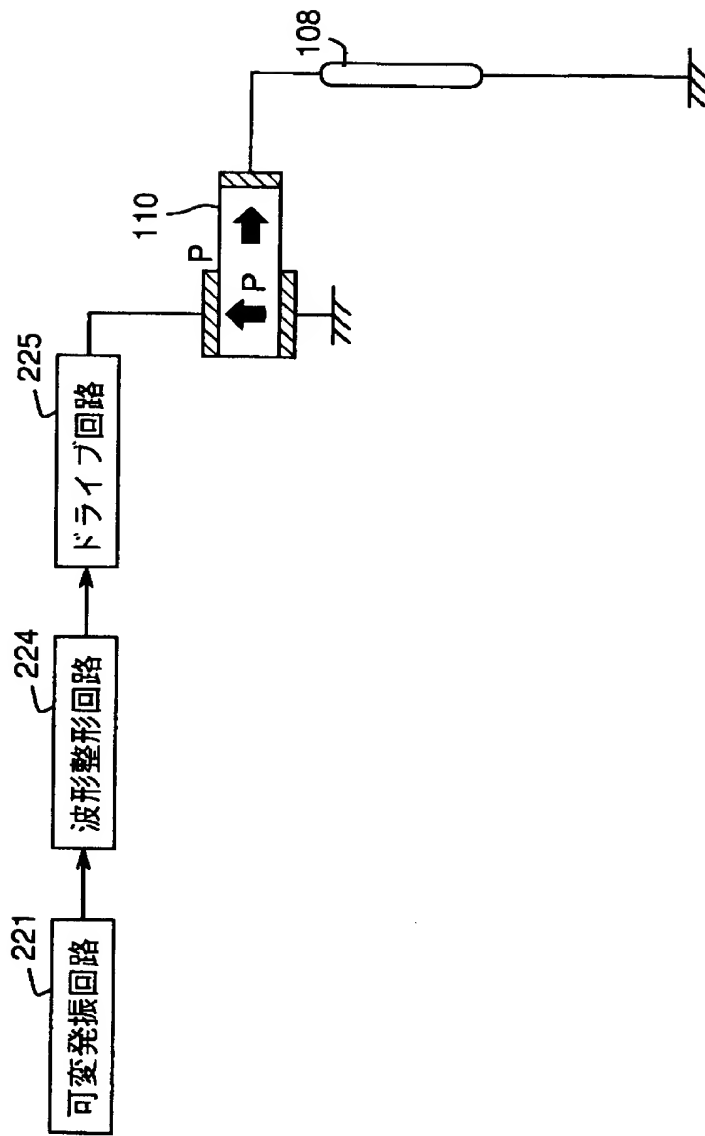
【図 16】



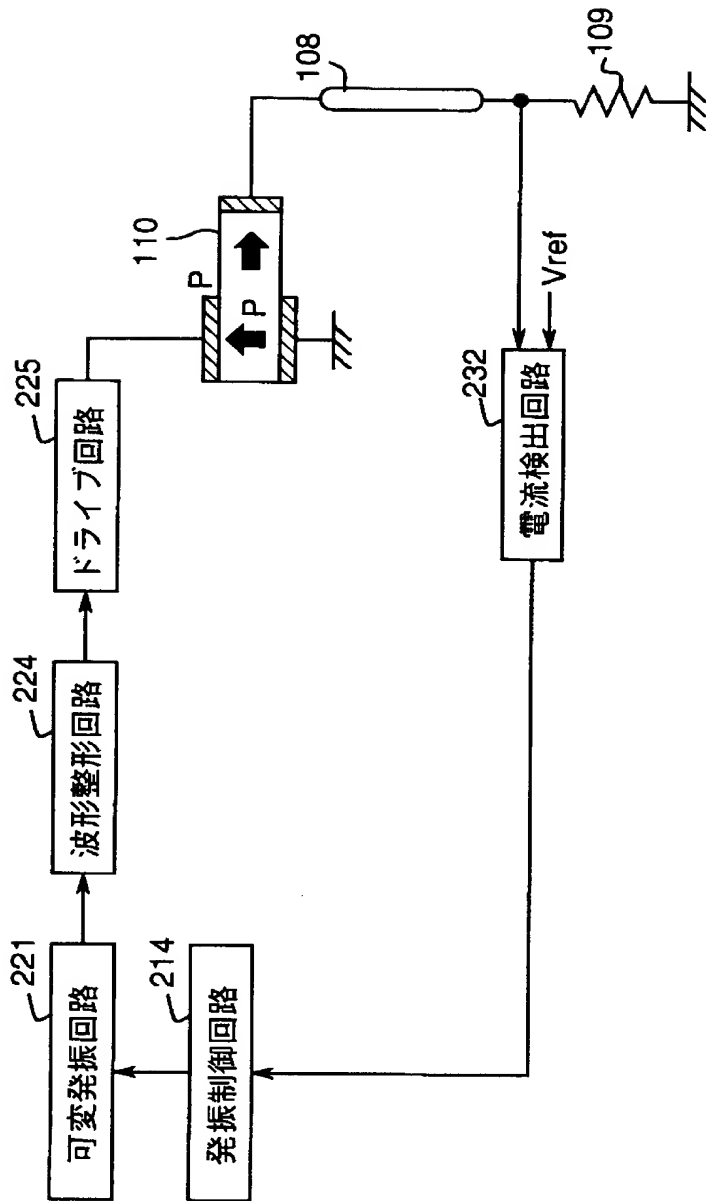
【図 17】



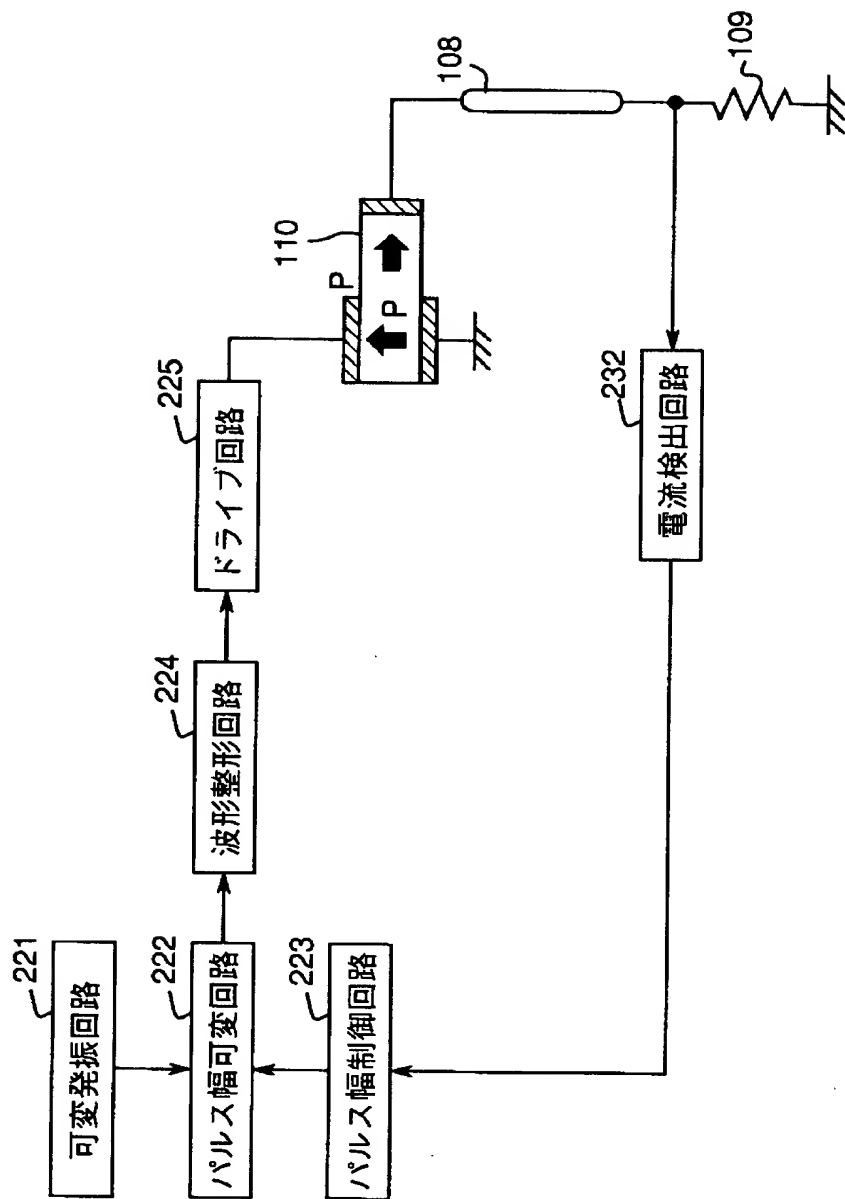
【図 1 8】



【図 1 9】



【図 2 0】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 圧電トランスの入力電圧変動、負荷変動等に対応して、負荷に流れる電流を一定となるように制御を行い、駆動効率が高く、信頼性の高い電源装置及び圧電トランスの駆動方法を提供する。

【解決手段】 圧電効果を利用して 1 次側電極 3 0 3 u、3 0 3 d から入力された電圧を昇圧し、2 次側電極 3 0 4 から出力する圧電トランス 1 1 0 の駆動回路において、圧電トランス 1 1 0 の昇圧比の傾きを検出し、その検出した昇圧比の傾きに基づいて圧電トランス 1 1 0 の共振周波数と駆動周波数との大小関係を判断し、圧電トランスの駆動周波数を共振周波数に近づけるように圧電トランスの駆動周波数を制御する。

【選択図】 図 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000005821]

1. 変更年月日 1990年 8月28日

[変更理由] 新規登録

住 所 大阪府門真市大字門真1006番地

氏 名 松下電器産業株式会社

US 0993018405P1



Creation date: 08-03-2003
Indexing Officer: EGEDLU - ESKINDER GEDLU
Team: CENTRALSCANPRINT
Dossier: 09930184

Legal Date: 15-11-2001

No.	Doccode	Number of pages
1	IDS	2

Total number of pages: 2

Remarks:

Order of re-scan issued on